

SÉRGIO CASTRO GOMES

**ANÁLISE ECONOMETRICA DA PRODUTIVIDADE TOTAL DOS  
FATORES NA AMAZÔNIA LEGAL, 1990-2004**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2007

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

G633a  
2007

Gomes, Sérgio Castro, 1963-

Análise econométrica da produtividade total dos fatores  
na Amazônia Legal, 1990-2004 / Sérgio Castro Gomes.  
– Viçosa, MG, 2007.  
xxvi, 234f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Marcelo José Braga.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 209-223.

1. Desenvolvimento econômico - Amazônia. 2.  
Produção (Teoria econômica). 3. Econometria.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 338.9098113

SÉRGIO CASTRO GOMES

**ANÁLISE ECONOMÉTRICA DA PRODUTIVIDADE TOTAL DOS  
FATORES NA AMAZÔNIA LEGAL, 1990-2004**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

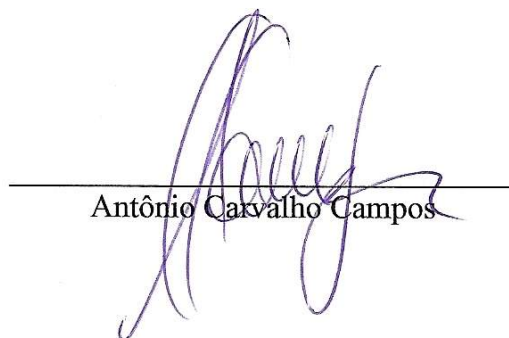
APROVADA: 3 de dezembro de 2007.



Rosa Maria Olivera Fontes



Alexandre Bragança Coelho



Antônio Carvalho Campos



Antonio Cordeiro de Santana  
(Co-orientador)



Marcelo José Braga  
(Orientador)

À Gênia, ao Arthur e à Marina,  
pelo amor demonstrado por mim.

*“...O mundo amazônico não poderá ficar isolado ou alheio ao desenvolvimento brasileiro e internacional, porém ele terá que se auto-sustentar em quatro parâmetros e paradigmas fundamentais: deve ser economicamente viável, ecologicamente adequado, politicamente equilibrado e socialmente justo...”*

(Samuel Benchimol, 2002)

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais pela orientação e pelo esforço em proporcionar aos filhos a educação necessária na busca por dias melhores.

À minha esposa Eugênia Cabral, pelo seu amor, sua determinação e otimismo, que me contagiaram nos últimos quatro anos.

À Universidade da Amazônia (UNAMA) e à Fundação Instituto para o Desenvolvimento da Amazônia (FIDESA), pelo apoio institucional que me foi dado, especialmente pela concessão de bolsa de estudo, sem a qual não seria possível a realização do curso de doutorado. Ao Instituto de Gestão Previdenciária do Estado do Pará (IGEPREV) pela oportunidade e pelo apoio institucional, importantes para a realização do curso.

Ao professor Marcelo José Braga, pela competência e pelo compromisso profissional com que desenvolveu suas atividades acadêmicas, na condição de orientador.

A todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da UFV.

Ao professor Antônio Cordeiro de Santana, da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), com o qual tive a oportunidade de discutir importantes questões ligadas ao crescimento da Amazônia, as quais muito contribuíram para o desenvolvimento desta tese.

Ao professor João Eustáquio de Lima, que, na condição de co-orientador, contribuiu no desenvolvimento e análise do método de dados em painel.

Aos colegas de curso: Jair, Lúcia, Adelson, Leonardo, Chico e Eduardo, que estiveram comigo em diversos momentos, com os quais compartilhei importantes discussões acadêmicas.

A todas as pessoas que contribuíram, direta e indiretamente, para a realização desta tese.

À minha tia Lizete Castro pelas palavras sábias e confortadoras nos momentos difíceis.

Por fim, agradeço aos meus irmãos, sobrinhos e amigos que souberam compreender o meu enclausuramento acadêmico.

## **BIOGRAFIA**

SÉRGIO CASTRO GOMES, filho de Mereides Batista Gomes e Maria Madalena de Castro Gomes, nasceu em Manaus, Amazonas, em 23 de julho de 1963.

Em dezembro de 1987, licenciou-se em Matemática pela Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

Em dezembro de 1989, ingressou no curso de especialização em Aplicações Estatísticas da Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, PA, concluindo-o em dezembro de 1990.

Em fevereiro de 2001, ingressou no Curso de Mestrado em Economia da Universidade da Amazônia (UNAMA), Belém, PA, concluindo-o em julho de 2003.

Em janeiro de 2004, ingressou no programa de Doutorado em Economia Aplicada, do Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese em 3 de dezembro de 2007.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS .....	xii
LISTA DE FIGURAS .....	xvi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	xviii
RESUMO .....	xxii
ABSTRACT .....	xxv
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Considerações iniciais .....	1
1.2. O problema e sua importância .....	4
1.3. Hipótese .....	9
1.4. Objetivos .....	9
2. ECONOMIA DA AMAZÔNIA LEGAL .....	11
2.1. Desempenho econômico da Amazônia Legal .....	12
2.2. Determinantes da produtividade total dos fatores na região .....	23

	Página
2.2.1. Capital humano .....	23
2.2.2. Capital natural .....	35
2.2.3. Capital social .....	42
2.2.4. Capital físico .....	47
2.2.5. Instrumentos de política regional: FINAM e FNO .....	53
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	63
3.1. O modelo de Solow .....	63
3.2. O modelo de Solow ampliado .....	73
3.3. O resíduo de Solow .....	75
4. REVISÃO DA LITERATURA .....	79
4.1. Escolaridade e crescimento econômico .....	79
4.2. Recursos naturais e crescimento econômico .....	83
4.3. Ação cooperativa e crescimento econômico .....	87
4.4. Infra-estrutura e crescimento econômico .....	92
4.5. O papel dos incentivos fiscais no crescimento econômico .....	95
5. METODOLOGIA E BASE DE DADOS .....	98
5.1. Modelo analítico .....	99
5.1.1. Obtenção da PTF .....	99
5.1.2. Determinantes da PTF .....	101
5.1.3. Hipótese ambiental de Kuznets .....	103
5.2. Modelo para dados em painel .....	104
5.2.1. Estimação do modelo de Efeitos Fixos (EF) .....	106

	Página
5.2.2. Estimação do modelo de Efeitos Aleatórios (EA) .....	108
5.2.3. Estimação usando variáveis instrumentais .....	112
5.2.4. Estimação usando o Método dos Momentos Generalizados (MMG) .....	115
5.2.5. O estimador MMG para dados de painel dinâmico .....	118
5.2.5.1. MMG em primeira diferença .....	118
5.2.5.2. MMG sistema .....	120
5.3. Testes estatísticos para os modelos de dados em painel .....	122
5.3.1. Teste para efeitos aleatórios .....	122
5.3.2. Teste de Hausman: efeitos fixos <i>versus</i> efeitos aleatórios .....	123
5.3.3. Teste de heteroscedasticidade .....	123
5.3.3.1. Teste de Wald modificado para heteroscedasticidade para os grupos ( <i>Groupwise</i> ) no modelo de EF .....	124
5.3.3.2. Teste de Bartlett, Levene e Brown-Forsythe .....	124
5.3.4. Teste de autocorrelação .....	125
5.3.5. Teste da restrição de sobre-identificação: Sargan e Hansen ..	125
5.3.6. Teste de raiz unitária para dados em painel .....	126
5.3.6.1. Teste de Hadri .....	129
5.3.6.2. Teste de Im, Pesaran e Shin (IPS) .....	131
5.3.6.3. Teste de Fisher .....	133
5.4. Índice de infra-estrutura .....	135
5.4.1. Matriz de correlações e adequabilidade do modelo à técnica de análise fatorial .....	136

	Página
5.4.2. Determinação do número de fatores .....	137
5.4.3. Rotação dos fatores obtidos .....	138
5.4.4. Cálculo dos escores fatoriais .....	138
5.5. Variáveis, fontes de dados e procedimentos .....	139
5.5.1. Variáveis .....	140
5.5.1.1. Produto real .....	140
5.5.1.2. Fator capital físico .....	140
5.5.1.3. Fator trabalho .....	141
5.5.1.4. Desmatamento .....	141
5.5.1.5. Educação .....	142
5.5.1.6. Cooperativa .....	142
5.5.1.7. Telefone .....	143
5.5.1.8. Estradas .....	143
5.5.1.9. Energia .....	144
5.5.1.10. Finam .....	144
5.5.1.11. FNO .....	144
5.5.1.12. Renda <i>per capita</i> (Rpc) .....	145
5.5.1.13. Densidade demográfica (Ddem) .....	145
5.5.1.14. Índice quantitativo sintético para a infra-estrutura (Infra) .....	145
5.5.2. Procedimentos .....	146
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	148

	Página
6.1. Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas .....	149
6.1.1. Estatística descritiva .....	149
6.2. Testes de raiz unitária para dados em painel .....	153
6.3. Determinação da PTF .....	156
6.4. Resultados para PTF .....	163
6.5. Determinantes da PTF na Amazônia Legal .....	173
6.6. Síntese das estimativas segundo os métodos utilizados .....	191
6.7. A hipótese ambiental de Kuznets aplicada aos dados da Amazônia .....	194
7. CONCLUSÕES .....	199
REFERÊNCIAS .....	209
APÊNDICES .....	224
APÊNDICE A .....	225
APÊNDICE B .....	231
APÊNDICE C .....	234

## LISTA DE TABELAS

	Página
1 Composição do PIB segundo setor de atividade econômica nos estados da Amazônia Legal, 1985 e 2003, em % .....	14
2 Taxa média de crescimento do PIB, da população e do PIB <i>per capita</i> na Amazônia Legal, 1990-2004 .....	18
3 Participação percentual do emprego, segundo setor de atividade econômica, Amazônia Legal, 1985, 1995 e 2004 .....	21
4 Número de matrículas e de docentes de ensino superior, Amazônia Legal, 1990 e 2004 .....	27
5 Número de docentes segundo grau de formação, região Norte, Sudeste e Brasil, 1990 e 2004 .....	29
6 Dispêndio do governo federal em C&T através do Ministério da Ciência e Tecnologia, região Norte, Sudeste e Brasil, 1996 e 2004 .....	31
7 Participação relativa dos dispêndios em C&T em relação à receita total nos estados da região e nas demais regiões, 1991, 1995, 2000 e 2003 .....	33

8	Participação relativa percentual da taxa de desmatamento anual e da população residente, em relação ao total da Amazônia Legal, segundo estados, 1990, 1995, 2000 e 2004 .....	41
9	Distribuição do número de projetos e participação, por setor, do total da liberação dos incentivos fiscais, Amazônia Legal, 1985, 1990 e 2000 .....	55
10	Distribuição do número de projetos e participação, por estado, do total da liberação dos incentivos fiscais, Amazônia Legal, 1985, 1990 e 2000 .....	58
11	Estatísticas descritivas para as variáveis envolvidas no estudo, Amazônia Legal, 1990-2004 .....	149
12	Resultados do teste de raiz unitária de Hadri para as variáveis utilizadas no estudo, Amazônia Legal, 1990-2004 .....	153
13	Resultados do teste de raiz unitária de Im, Pesaran e Shin (IPS) e Fischer ADF para as variáveis utilizadas no estudo, Amazônia Legal, 1990-2004 .....	155
14	Resultado da estimativa dos coeficientes $\beta$ do modelo de Solow original e ampliado, segundo EF ou EA e testes de especificação, Amazônia Legal, 1990-2004 .....	156
15	Resultado dos testes de especificação do modelo de Solow original e ampliado, Amazônia Legal, 1990-2004 .....	157
16	Resultado da matriz de correlação residual, função de produção exógena, para efeitos fixos, Amazônia Legal, 1990-2004 .....	159
17	Resultado da estimação dos parâmetros da função de produção do modelo original e ampliado, modelo de efeitos fixos, Amazônia Legal, 1990-2004 .....	161
18	Trabalhos referentes ao comportamento da PTF no Brasil, encontrados na literatura econômica .....	166
19	Taxa média de crescimento anual por estado, tipo de função de produção, estados da Amazônia Legal, 1990-2004 .....	170

	Página
20	Taxa de crescimento médio geométrico anual da PTF, estados da Amazônia Legal, 1990-2004 (em %) ..... 171
21	Resultado da correlação linear entre as variáveis representativas do capital físico, Amazônia Legal, 1990-2004 ..... 174
22	Resultado dos testes de especificação do modelo dos determinantes da PTF, Amazônia Legal e região Norte, 1990-2004 ..... 175
23	Resultados dos coeficientes estimados por EF, EA, para PTF de acordo com a equação (16), Amazônia Legal e região Norte, 1990-2004 ..... 177
24	Resultados dos coeficientes estimados por EF para PTF de acordo com a equação (36), usando variáveis instrumentais (VI) e o método de MQ2E e MMG, Amazônia Legal, 1990-2004 ..... 182
25	Resultado dos coeficientes estimados por MQGF para PTF de acordo com a equação (16), Amazônia Legal, 1990-2004 ..... 188
26	Resultado dos coeficientes estimados por MMG diferença e MMG sistema para PTF de acordo com a equação (16), Amazônia Legal, 1990-2004 ..... 189
27	Resultado da regressão para estimação dos coeficientes da equação (20), Amazônia Legal, 1990-2004 ..... 195
1A	Produto Interno Bruto (PIB) dos estados da Amazônia Legal, 1990-2004 (em mil reais, de 2000) ..... 225
2A	Estoque de capital fixo dos estados da Amazônia Legal, 1990-2004 (em mil reais, de 2000) ..... 226
3A	Número de trabalhadores empregados com carteira assinada nos estados da Amazônia Legal, 1990-2004 ..... 226
4A	Taxa de desmatamento anual (km <sup>2</sup> /ano) para os estados da Amazônia Legal, 1990-2004 ..... 227
5A	Escolaridade média para pessoas com 25 anos e mais nos estados da Amazônia Legal, 1990-2004 ..... 227

	Página
6A Número de cooperativas constituídas nos estados da Amazônia Legal, 1990-2004 .....	228
7A Terminais telefônicos fixos (residencial e público) em serviço, Amazônia Legal, 1990-2004, em unidades .....	228
8A Capacidade nominal total instalada de geração de energia elétrica (hidráulica e térmica) por estado, Amazônia Legal, 1990-2004, em MW .....	229
9A Extensão da rede rodoviária federal, em tráfego e pavimentada, Brasil, 1990-2004, em quilômetros .....	229
10A Valor dos recursos aplicados pelo FINAM nos estados da Amazônia Legal, 1990-2004 (em mil reais, de 2000) .....	230
11A Valor dos recursos aplicados pelo FNO nos estados da região Norte, 1990-2004 (em mil reais, de 2000) .....	230
1B Taxa de crescimento anual da PTF, média anual e desvio-padrão, segundo função de produção original, estados da Amazônia Legal, 1990-2004 .....	231
2B Taxa de crescimento anual da PTF, média anual e desvio-padrão, segundo função de produção ampliada, estados da Amazônia Legal, 1990-2004 .....	232
3B Matriz de correlação dos resíduos do modelo de EF, estados da região Norte, 1990-2004 .....	232
4B Matriz de correlação dos resíduos do modelo de EF, estados da Amazônia Legal, 1990-2004 .....	233

## LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Evolução do índice do PIB, Amazônia Legal e Brasil, 1990-2004 .....	12
2 Dispersão do PIB <i>per capita</i> , Amazônia Legal, 1990-2004 (coeficiente de variação) .....	19
3 Anos médios de escolaridade das pessoas de 25 anos ou mais, Amazônia Legal, região Sudeste e Brasil, 1990 e 2004 .....	24
4 Anos médios de escolaridade das pessoas de 25 anos ou mais, Amazônia Legal, 1990-2004 .....	25
5 Índice da taxa de desmatamento anual, Amazônia Legal, 1990-2004 .....	37
6 Taxa de desmatamento anual, Amazônia Legal, 90/95, 96/00 e 01/04 .....	39
7 Taxa de desmatamento anual <i>versus</i> renda <i>per capita</i> , Amazônia Legal, 1990-2004 .....	40
8 Número de cooperativas constituídas, Amazônia Legal, 1990-2004 .....	43

	Página
9	Malha rodoviária pavimentada, em mil km, Amazônia Legal, 1990-2004 ..... 48
10	Número de terminais telefônicos e densidade hab./tel., em mil unidades, Amazônia Legal, 1990-2004 ..... 50
11	Desembolso anual do sistema BNDES, Amazônia Legal, 1997, 2000 e 2004 ..... 52
12	Mão-de-obra ocupada e aumento no Valor Bruto da Produção (VBP), região Norte, 1990-2004 ..... 61
13	Função de produção na forma intensiva ..... 67
14	Função de produção na forma intensiva com progresso tecnológico ..... 70
15	Gráfico de Solow e a função de produção na forma intensiva com progresso tecnológico ..... 71
16	Curva de Kuznets ambiental ..... 86
17	Taxa de crescimento médio anual da PTF, segundo função de produção original e ampliada, Amazônia Legal, 1990-2004 ..... 164
18	Relação entre taxa de desmatamento anual e renda <i>per capita</i> , evidências da hipótese ambiental de Kuznets, Amazônia Legal, 1990-2004 ..... 197
1C	Mapa da Amazônia Legal ..... 234

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

- ACP – Análise de Componentes Principais.
- ADA – Agência de Desenvolvimento da Amazônia.
- AIMEX – Associação das Indústrias Exportadoras de Madeira.
- AL – Amazônia Legal.
- ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.
- APL – Arranjos Produtivos Locais.
- BASA – Banco da Amazônia.
- BNB – Banco do Nordeste do Brasil S.A.
- BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.
- C&T – Ciência e Tecnologia.
- CDB – Convenção sobre a Diversidade Biológica.
- CELPA – Centrais Elétricas do Pará.
- CELTINS – Centrais Elétricas do Tocantins.
- CEMAR – Centrais Elétricas do Maranhão.
- CEMAT – Centrais Elétricas do Mato Grosso.
- CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
- CVRD – Companhia Vale do Rio Doce.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transporte.

DNRC – Departamento Nacional de Registro do Comércio.

EA – Efeitos Aleatórios.

EF – Efeitos Fixos.

EKH – *Environmental Kuznets Hypothesis*.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

FGV – Fundação Getúlio Vargas.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo.

FINAM – Fundo de Investimento da Amazônia Legal.

FINOR – Fundo de Investimento do Nordeste.

FNDCT – Fundo Nacional para o Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia.

FNE – Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste.

FNO – Fundo Constitucional do Norte.

FUNDEP – Fundo de Manutenção do Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério.

GLS – *Generalized Least Squares*.

IAEP – *International Assesment of Educational Progress*.

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IBRE – Instituto Brasileiro de Economia.

IDH – Índice do Desenvolvimento Humano.

IEA – *International Association for the Evaluation of Educacional Achievement*.

IES – Instituições de Ensino Superior.

IESAM – Instituto de Ensino Superior da Amazônia.

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais.

INPA – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial.

IPC – Índice de Preço ao Consumidor.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.  
LDB – Lei de Diretrizes e Bases para a Educação Nacional.  
MCS – Matriz de Contabilidade Social.  
MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.  
MIP – Matriz de Insumo-Produto.  
MMG – Método dos Momentos Generalizados.  
MPGE – Museu Paraense Emílio Goeldi.  
MPOG – Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.  
MQ2E – Mínimos Quadrados 2 Estágios.  
MQG – Mínimos Quadrados Generalizados.  
MQGF – Mínimos Quadrados Generalizados Factíveis.  
MQO – Mínimos Quadrados Ordinários.  
MQVD – Mínimos Quadrados com Variáveis Dummies.  
TEM – Ministério do Trabalho e Emprego.  
OCB – Organização das Cooperativas Brasileiras.  
OECD – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico.  
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento.  
PAS – Plano Amazônia Sustentável.  
PDA – Plano de Desenvolvimento da Amazônia.  
PIB – Produto Interno Bruto.  
PIEBT – Programa de Incubação de Empresas de Base Tecnológica.  
PIM – Pólo Industrial de Manaus.  
PIN – Plano de Interação Nacional.  
PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios.  
PND – Plano Nacional de Desenvolvimento.  
POEMA – Programa Pobreza e Meio Ambiente na Amazônia.  
PPA – Plano Plurianual.  
PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento à Agricultura Familiar.  
PTF – Produtividade Total dos Fatores.  
RAIS – Relação Anual de Informações Sociais.

RN – Região Norte.

SAEB – Sistema de Avaliação do Ensino Básico.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.

SINREM – Sistema Nacional de Registro Mercantil.

SPSS – *Statistical Package for Social Science*.

SPEVEA – Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia.

SQR – Soma de Quadrados dos Resíduos.

SUDAM – Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia.

SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste.

SUFRAMA – Superintendência da Zona Franca de Manaus.

UEPA – Universidade do Estado do Pará.

UFPA – Universidade Federal do Pará.

UFRA – Universidade Federal Rural da Amazônia.

UNAMA – Universidade da Amazônia.

VAR – Vetor Auto-Regressivo.

VBP – Valor Bruto da Produção.

VPI – Valor da Produção Industrial.

ZFM – Zona Franca de Manaus.

## RESUMO

GOMES, Sérgio Castro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2007. **Análise econométrica da produtividade total dos fatores na Amazônia Legal, 1990-2004.** Orientador: Marcelo José Braga. Co-orientadores: Antônio Cordeiro de Santana e João Eustáquio de Lima.

O desempenho econômico da Amazônia Legal e de seus estados é avaliado com base na mensuração do índice de produtividade total dos fatores (PTF), obtida a partir da utilização do modelo de crescimento exógeno formulado por Solow (1956) e do modelo ampliado pelo capital humano proposto por Mankiw et al. (1992). Analisa-se as variáveis econômicas tomadas como *proxy* do capital físico (índice quantitativo sintético), humano (anos de estudo), social (número de novas cooperativas), natural (taxa de desmatamento) e dos instrumentos de política regional, FNO e FINAM (valor dos incentivos fiscais concedidos), relativizando-se os dados com os registrados para a região Sudeste. Avaliou-se o efeito dos diversos fatores sobre o índice da PTF, em termos estático e dinâmico. A hipótese ambiental de Kuznets é testada empiricamente. O instrumental metodológico utilizado para alcançar os objetivos está calcado na modelagem de dados em painel. Os modelos de Efeitos Fixos e de Efeitos Aleatórios são avaliados de acordo com os testes de especificação de efeitos

aleatórios e de Hausman. Para estimação dos parâmetros das regressões são utilizados os métodos *within* para Efeitos Fixos, MQGF, Efeitos Fixos com variáveis instrumentais, MQ2E e o MMG aplicado no modelo de dados de painel dinâmico. Dentre os resultados observados, destacam-se pela importância: Há evidências significativas da relação positiva entre cada um dos capitais humano, social, natural e físico, com PTF. O FINAM, mostra-se negativamente correlacionado com a PTF, enquanto o FNO apresenta correlação positiva. O incremento da atividade de exploração e transformação mineral, as obras de infra-estrutura e as exportações do setor agropecuário contribuíram, significativamente, para a manutenção da tendência de crescimento da PTF na região. O baixo crescimento da taxa de acumulação do capital se deve, em grande medida, à redução de crédito para o setor produtivo, apesar de a taxa de retorno do capital físico ser elevada para a região. A trajetória crescente da PTF na Amazônia Legal, para o período de 1990 a 2004, resulta das condições macroeconômicas impostas pela conjuntura econômica nacional. O quadro regional relacionado ao capital humano mostra que é preciso que se eleve o número de pessoas com nível de educação superior e que se reduza o número de analfabetos na região amazônica, para que seja possível sustentar as elevadas taxas de retorno do capital físico, uma vez que os avanços tecnológicos associados ao acúmulo de capital físico podem não ser absorvidos pela mão-de-obra da região. As políticas de incentivo fiscal para a Amazônia, precisam ser orientadas para os investimentos que possibilitem: a ampliação do capital físico, a melhoria da qualificação do capital humano, o uso racional dos recursos naturais renováveis e não renováveis, e promova as redes de relacionamentos imprescindíveis ao crescimento virtuoso. Há evidências de que a abundância do capital natural da região é importante para o seu crescimento econômico. Como o capital natural é abundante na região e as empresas não conseguem incorporar em suas planilhas de custo os danos causados pelo uso dos recursos naturais, os retornos proporcionados pelo capital físico passam a ser preponderantes. Daí a importância do aperfeiçoamento da política ambiental como forma de estabelecer o valor social do bem natural de modo a modificar a alocação de recursos por

parte das empresas que utilizam os recursos naturais em seus processos de produção. A relação entre renda *per capita* e taxa de desmatamento, ajustada com base em um modelo não-linear, mostra evidências significativas para aceitação da hipótese ambiental de Kuznets para a região amazônica.

## ABSTRACT

GOMES, Sérgio Castro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2007. **Econometric analysis of the factor total productivity in Amazonia Legal, 1990-2004.** Adviser: Marcelo José Braga. Co-advisers: Antônio Cordeiro de Santana and João Eustáquio de Lima.

The economic performance of Amazonia Legal and its states is evaluated based on total-factor productivity (TFP) measures obtained by the use of the exogenous growth model formulated by Solow (1956) and by the expanded human capital model proposed by Mankiw et al. (1992). The economic variables taken as *proxy* of the physical (synthetic quantitative index), human (years of schooling), social (number of new co-operatives), natural (deforestation rate) and regional policy tools, FNO and FINAM (fiscal incentive value granted) were analyzed and data were compared with those recorded for the southeastern region. The effect of several factors on the TFP index was analyzed in static and dynamic terms and environmental hypothesis by Kuznets was empirically tested. The methodological tool used to reach the objectives is underlied by the panel data modeling. The Fixed Effects and Random Effects models are evaluated according to tests of specification of random and Hausman effects. For estimation of the regression parameters the within methods for Fixed Effects,

MQGF, Fixed Effects with instrumental variables, MQ2E and MMG are used, applied to the dynamic panel data model. The most outstanding results obtained were: significant evidences found in the positive relation between each one of the human, social, natural and physical capitals and TFP. FINAM was shown to be negatively correlated with TFP, while FNO was shown to be positively correlated. Increased exploratory activity and mineral transformation, infrastructure construction, and agricultural exports have contributed significantly for maintaining the increasing TFP growth in the region. The low growth of the capital accumulation rate is due to a large extent to credit reduction for the productive sector, despite the high return rate of the physical capital for the region. The rising TFP growth path in the Amazonia Legal, for the 1990-2004 is a result of the macroeconomic conditions imposed by the national economic scenario. The Amazon regional aspects related to human capital indicate that the number college educated people must increase and that the number of illiterate people must be reduced to allow the maintenance of the physical capital high return rates since the technological advancements associated to physical capital accumulation may not be absorbed by the local labor. The fiscal incentive policies for the Amazon region need to be guided toward investments allowing: physical capital expansion, improved human capital qualification, rational use of the renewable and non-renewable natural resources and promotion of the networking indispensable for virtual growth. There are evidences that natural capital abundance in the region is important to its economic growth. As the natural capital is abundant in the region, the companies are not being able to incorporate in their costs the damages caused by the use of the natural resources. That is why it is important to improve the environmental policy as a form of establishing the social value of the natural good so as to modify the allocation of resources by the companies using the natural resources in their production processes. The relation between per capita income and deforestation rate, fit by a non-linear model, shows significant evidences leading to the acceptance of the environmental hypothesis of Kuznets for the Amazon region.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Considerações iniciais

A Amazônia Legal é compreendida pelos estados da região Norte do Brasil mais os estados do Maranhão e do Mato Grosso. Em 1970, a participação relativa da Amazônia Legal no PIB do Brasil foi de 4,08%, enquanto as regiões Sul e Sudeste participavam com 16,71% e 65,54%, respectivamente. Passados mais de 30 anos, a contribuição da região amazônica para a formação do PIB brasileiro de 2004 se ampliou, chegando a 7,81% do PIB do país, a preços correntes de 2000, e a contribuição das regiões Sul e Sudeste ficou em 18,58% e 55,18%, respectivamente (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA, 2007). Ou seja, a situação locacional das atividades produtivas no país continua concentrada nas duas principais regiões, mesmo com os investimentos em infra-estrutura, feitos pelo Governo Federal, e mesmo com a implementação das políticas de desenvolvimento regional com vistas à integração dessa região ao mercado nacional e internacional.

No âmbito dos estados da Amazônia Legal, verificou-se um quadro semelhante ao observado entre as regiões do país, ou seja, diferenças significativas entre a renda dos estados, o que reforça a desigualdade intra-regional. Em 1970, segundo dados do IPEA (2007), os estados do Pará,

Amazonas, Maranhão e Mato Grosso juntos, participavam com 90,75% do PIB gerado na região. Esse agrupamento de estados, em 2003, reduziu sua participação para 82,32%, porém, decorridos mais de 30 anos, a situação da distribuição locacional da atividade produtiva na região não sofreu mudanças significativas, nesse período.

O PIB, a preços correntes de 2000 (IPEA, 2007), dos estados da Amazônia Legal, registrou as maiores taxas de crescimento médio anual nos anos de 1970, período em que o Governo Federal realizou elevados investimentos em infra-estrutura de transporte, como a construção da rodovia Belém-Brasília, a abertura da Transamazônica e da Cuiabá-Santarém, além da implantação dos grandes projetos minero-metalúrgicos, agropecuários e a criação da Zona Franca de Manaus (ZFM) e do Pólo Industrial de Manaus (PIM). A taxa média de crescimento anual, na década de 1970, saiu de 20,89% para 4,65% e 3,21%, nos anos de 1980 e 1990, respectivamente.

Em termos *per capita* o PIB da região cresceu no período de 1970 a 2003, saindo de R\$ 698,00 para R\$ 3.704,00, respectivamente, quando tomado a preços correntes de 2000 (IPEA, 2007). Esse resultado decorreu, em parte, da queda da taxa de fecundidade e da desaceleração do processo migratório, por um lado, e da elevação do valor adicionado pelas atividades produtivas locais, por outro, com destaque para o setor de extração mineral, da geração de energia elétrica, da produção de eletroeletrônicos e da agricultura. O salto mais expressivo do PIB *per capita* foi registrado na década de 1970, período de implantação dos grandes projetos de infra-estrutura, enquanto que nas décadas seguintes o crescimento foi desacelerado.

A partir de 1970, observa-se um vigoroso processo migratório de populações residentes em outras regiões do país, com destaque para a região Nordeste e Centro-Oeste, em direção aos estados da Amazônia Legal. Este fluxo foi incentivado pelas políticas do I e II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), em que foram apresentadas as grandes diretrizes e metas do desenvolvimento do país, com prioridade para as ações que promovessem a integração econômica entre as regiões. A taxa média anual de crescimento

populacional dos estados da região amazônica, nos anos de 1970, chegou a ser oito vezes mais que a do país – 2,48% a.a. – como o ocorrido no Estado de Roraima (16,03% a.a.). A dinâmica demográfica da região, nos anos de 1980 e 1990, apresentou uma trajetória declinante em relação aos anos de 1970, porém, acompanhou a tendência observada em nível nacional (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2007b).

Segundo dados do IBGE (2007b), no período de 1990 a 2004, a taxa média de crescimento do PIB da Amazônia Legal foi de 2,70% a.a., enquanto que a do Brasil ficou em 1,52% a.a. Em relação à taxa de crescimento demográfico, a região amazônica registrou um crescimento da ordem de 2,30% a.a. e o Brasil de 1,56% a.a. O resultado dessas variações levou ao crescimento de 0,41% a.a. do PIB *per capita* da Amazônia, enquanto o do Brasil registrou variação negativa de 0,03% a.a.

Entre as medidas de política econômica adotadas pelo Governo Federal para a Amazônia Legal, destaca-se a política de incentivos fiscais ao capital e à produção, cujo objetivo era o de promover a dinamização da economia e de amenizar as diferenças produtivas dos sistemas locais, e destes, com os sistemas das outras regiões do país; além de ampliar o mercado para os produtos da região amazônica. Com essa perspectiva, foi criado o Fundo de Financiamento da Amazônia (FINAM) para conceder os incentivos ao capital, sendo que a administração desses recursos ficou sob a responsabilidade da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), extinta em 2001 e posteriormente transformada na Agência de Desenvolvimento da Amazônia (ADA). A política de incentivos à produção é conduzida pela Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA). Com a Constituição Federal de 1988, foi criado o Fundo Constitucional do Norte (FNO), fonte de financiamento público colocado à disposição dos investidores da região, administrado pelo Banco da Amazônia (BASA).

Segundo o Plano Amazônia Sustentável (PAS), de 2006, as atividades produtivas ligadas à agropecuária, à indústria minero-metalúrgica e à indústria de transformação são as que apresentam as maiores contribuições para a formação

do PIB na região. Essa estrutura produtiva é fruto das políticas de incentivos promovidas pelo Governo Federal e reflete a nova orientação produtiva definida pelas grandes corporações multinacionais que atuam nos setores minero-metalúrgico e de processamento de produtos animais e vegetais, instaladas na Amazônia. A elevação da produção agrícola e da pecuária, na região da Amazônia Legal, proporcionou a ligação destes setores com os demais, na medida em que criou a possibilidade de beneficiamento de novos bens e produtos e ampliou as cadeias produtivas.

Além dessas atividades, que se destacaram ao longo do período, a Amazônia Legal apresenta, ainda, uma gama de outras atividades econômicas, criada para atender às necessidades imediatas das populações, cujos insumos são retirados da biodiversidade da região. Essas atividades passam por um processo de melhoria tecnológica da etapa de beneficiamento, como é o caso do incremento do cultivo e beneficiamento de frutas tropicais e das espécies de plantas com uso medicinal – atividades que, em geral, são desenvolvidas por pequenos produtores rurais e têm contribuído com a geração de renda para as famílias da região. Outras atividades como o ecoturismo, o turismo sustentável, a pesca esportiva e os esportes radicais foram introduzidos na região, embora ainda sejam incipientes, não deixam de ser atividades potenciais, desde que minimizados os seus efeitos negativos sobre o meio ambiente (AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA – ADA, 2006).

## **1.2. O problema e sua importância**

Durante as décadas de 1960 e 1970, observa-se que a estratégia de desenvolvimento adotada pelo Governo Federal, via planejamento central, estava focada em grandes projetos de investimentos que, estrategicamente localizados, teriam fortes vínculos com suas áreas de influência política, social, econômica e institucional, promovendo o crescimento e o desenvolvimento das regiões, de acordo com as idéias propostas por Hirschman (1958) e Myrdal (1960).

As políticas econômicas implementadas para a Amazônia, desde a década de 1970, levaram à criação de uma dinâmica econômica interna regional que resultou em diferentes taxas médias de crescimento anual do PIB *per capita* para os anos de 1970 (15,09% a.a.), 1980 (1,20% a.a.) e 1990 (0,77% a.a.). Isso mostra que os efeitos positivos do modelo intervencionista do Governo Federal, aplicado à região, tinham se esgotado nos anos 70, e que nos anos seguintes, fica estabelecida a tendência de queda da taxa de crescimento econômico do produto *per capita* da região.

A economia da região amazônica foi impulsionada pelos projetos que integravam o Plano de Metas do governo de Juscelino Kubitschek, com forte viés à integração nacional. A criação da Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), em 1953, visava promover o desenvolvimento regional e tinha como paradigma referencial o *Tennessee Valley Authority* (TVA) – projeto de valorização de bacias hidrográficas, implementado pelo governo dos Estados Unidos e que fazia parte do programa *New Deal*, realizado no período da grande depressão, com o objetivo de promover o desenvolvimento regional (COSTA, 2004).

Com a criação da SUDAM e do BASA, o Governo Federal instituiu os instrumentos básicos para a promoção do desenvolvimento regional, via aplicação dos investimentos públicos e privados, como o modelo criado para fomentar o desenvolvimento da região Nordeste com a implantação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e do Banco do Nordeste do Brasil S.A. (BNB).

Segundo Vergolino e Gomes (2004), o Governo Federal, nos anos de 1960 e 70, adotou uma política de diversificação da atividade econômica regional via industrialização, priorizando os gastos públicos em financiamento de pesquisas agropecuárias, geológicas e socioeconômicas, que mostraram a viabilidade de fomentar os investimentos privados na produção mineral, pecuária e agroindustrial. Nesse sentido, os gastos governamentais em infra-estrutura priorizaram a construção de rodovias e ferrovias, a recuperação de portos, a

geração de energia elétrica, a implantação dos grandes projetos minero-metalúrgico e a viabilização da Zona Franca de Manaus.

Em termos conjunturais, o período compreendido entre 1980 e 1994 é marcado por crises econômicas nos mercados internacional e nacional, decorrentes do segundo choque do petróleo, da elevação das taxas de juros do mercado financeiro internacional e do processo de insolvência do México, o que contribuiu para tornar escasso o capital internacional de risco que fomentava os investimentos realizados pelo Governo Federal. Os vários planos econômicos implementados nesse período, justificados pela incessante busca da estabilidade econômica, também acabaram por refletir, negativamente, sobre a economia da região amazônica, uma vez que as medidas macroeconômicas e setoriais não são neutras quanto ao espaço econômico. Vale ressaltar que, com a abertura comercial promovida pelo Governo Collor, o Pólo Industrial de Manaus (PIM) passou por uma fase de queda da produção e de perda de competitividade, fato que contribuiu para o fechamento de fábricas e redução dos níveis de empregos (GOMES; VERGOLINO, 1997; VERGOLINO; GOMES, 2004).

A política de desenvolvimento regional da Amazônia Legal priorizou os gastos públicos em infra-estrutura e na formação dos fatores de produção, capital e trabalho. O primeiro, via incentivos fiscais e investimentos em infra-estrutura feitos pelo setor público, e o segundo, a partir do processo de povoamento de extensas áreas da Amazônia, dado à abundância de terras e de recursos naturais.

A trajetória do produto *per capita*, para o período de 1970 a 2004, pode ser, em parte, resultante, da interação desses fatores (capital e trabalho), assim como de outros: o avanço tecnológico ocorrido na região; o nível de especialização da força de trabalho; a forma de organização do processo produtivo; o nível de inserção dos produtos da região no mercado nacional e internacional; o grau de organização da classe empresarial; as redes de disseminação de informações sobre mercados e tecnologias na economia local, e o estado em que se encontra o sistema de governança local. Ou seja, de fatores que vão além do capital e do trabalho.

Os indicadores sociais para a região amazônica sinalizam a melhoria das condições de vida nesses estados, porém, com indicadores que ficam aquém dos observados nos estados da região Sul e Sudeste do país e da média do Brasil. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos quatro principais estados da Amazônia Legal, em 1980, foram: Amazonas (0,610), Pará (0,580), Mato Grosso (0,620) e Maranhão (0,410). Para o Brasil, esse índice foi de 0,690. Decorridos 20 anos, o indicador do IDH para o ano de 2000 teve elevações expressivas, mostrando as melhorias na condição de vida das famílias na região amazônica, como pode ser constatado pelos índices: Amazonas (0,713), Pará (0,723), Mato Grosso (0,773) e Maranhão (0,636). Vale destacar que, em 2000, apenas o Estado do Mato Grosso apresentou índice acima da média do Brasil. Outro fato a destacar é que todos os estados da Amazônia Legal apresentam elevações expressivas desse indicador quando comparado aos índices de 1980. Esse resultado reflete, em grande medida, as ações dos governos federal, estaduais e municipais, com vistas à universalização do atendimento à saúde, à ampliação do número de crianças no ensino fundamental, à dotação de infra-estrutura de saneamento e habitação, entre outras medidas sociais e econômicas adotadas.

Na teoria neoclássica do crescimento exógeno e na nova teoria do crescimento endógeno, o progresso tecnológico é o principal fator para explicar os aumentos nas taxas de crescimento econômico das regiões e países, pois ele proporciona o avanço de pesquisas, que têm como objetivo: solucionar problemas de saúde, resultando na redução das taxas de mortalidade; melhorar o sistema de telecomunicações e transmissão de dados; aumentar a produtividade da agricultura; e melhorar a qualidade do ensino. Ou seja, o avanço tecnológico aumenta a produtividade dos fatores de produção e, por conseguinte, contribui positivamente para a elevação do produto *per capita*. Assumindo-se o caráter endógeno do progresso tecnológico, tem-se que o aumento do estoque de conhecimento é o verdadeiro motor do crescimento *per capita*, por elevar a eficiência na utilização dos fatores convencionais de produção. Em síntese, os investimentos em capital humano resultam na criação de novas tecnologias, elevando o progresso tecnológico. Dessa forma, pessoas com maior grau de

instrução realizam uma maior quantidade e, ou, melhor qualidade de trabalho, considerando um mesmo período de tempo.

A importância do capital humano como um fator de produção foi destacada no trabalho empírico desenvolvido por Mankiw et al. (1992), que, ao ampliar o modelo de Solow (1956) com o fator capital humano, encontra evidências da relação positiva desse fator com o produto real.

Segundo Kliksberg (1999 *apud* SILVA; MARINHO, 2005), o Banco Mundial considera a existência de quatro formas de capital, como citado por Silva e Marinho (2005): Capital Humano, representado pelo nível de educação da população, condições de saúde e nutrição; Capital Natural, referindo-se à dotação de recursos naturais de um país; Capital Físico, concernente à infra-estrutura, bens de capital, bens financeiros e comerciais; e Capital Social que, “... pode ser entendido como um conjunto de normas, instituições e organizações que promovem a confiança e a cooperação entre as pessoas, nas comunidades e na sociedade em seu conjunto” (DURSTON, 1999 *apud* SILVA; MARINHO, 2005).

A importância do capital social como mais um fator que contribui para o crescimento econômico foi apresentado por Putnam (2002), que identificou a elevada densidade organizacional da sociedade (formas de organização em cooperativas, associações, entidades de classe e representações em geral) como o fator explicativo para o sucesso econômico da região Norte da Itália, comparada ao desempenho econômico da região Sul. Grootaert (2001), Ascari e Cosmo (2004) e Rupasingha et al. (2002) encontraram evidências da relação positiva de diferentes dimensões do capital social com o produto *per capita* e com a Produtividade Total dos Fatores (PTF).

Na Amazônia Legal, as atividades produtivas ligadas aos setores da agropecuária, da indústria extrativa mineral e da indústria de transformação utilizam intensamente os insumos retirados do solo e da floresta, provocando impactos sobre os ecossistemas da região e comprometendo a qualidade do ar, do solo, da água e dos microssistemas existentes na região.

Há evidências, na literatura econômica, de que fatores representativos do Capital Humano – melhoria dos níveis de escolaridade e das condições de saúde; do Capital Social – nível de coesão social devido à densidade de cooperativas, associações e instituições representativas da sociedade civil; do Capital Físico – devido aos investimentos públicos e privados feitos em infra-estrutura (aquisição de máquinas e equipamentos, construção de edificações, estradas, ferrovias e portos); e do Capital Natural – índices de poluição do ar e dos rios –, estão relacionados com o crescimento econômico dos países e regiões. Além disso, as políticas de desenvolvimento regional baseadas nos incentivos creditícios ao capital são importantes para alavancar o crescimento econômico de regiões economicamente mais atrasadas.

Isto posto, torna-se relevante identificar quais fatores, além do capital e do trabalho, influenciaram no processo de crescimento econômico dos estados da Amazônia Legal. A indagação que persiste é: Em que medida as taxas de crescimento econômico da região são determinadas por fatores de naturezas diversas, tais como: capital institucional e social, meio ambiente e tecnologia?

### **1.3. Hipótese**

O comportamento do crescimento econômico da Amazônia Legal está estritamente relacionado aos baixos investimentos em capital humano e social, à redução dos investimentos em capital físico e à não-incorporação da dimensão ambiental, além do baixo impacto da política de incentivos fiscais sobre o crescimento da região.

### **1.4. Objetivos**

O objetivo geral deste trabalho é o de investigar a trajetória e os condicionantes da dinâmica do crescimento econômico na Amazônia Legal, com ênfase nos capitais Humano, Social, Físico e Natural, e nos incentivos fiscais do Governo Federal, no período de 1990 a 2004. Especificamente, pretende-se:

- a) mensurar a Produtividade Total dos Fatores (PTF) da Amazônia Legal e dos estados que a compõem;
- b) avaliar os efeitos dos capitais Humano, Social, Físico e Natural sobre o crescimento econômico na Amazônia legal, medido a partir de seus relacionamentos com a PTF;
- c) identificar a contribuição dos incentivos fiscais ao capital – FINAM e FNO – no crescimento econômico da região.
- d) testar a hipótese ambiental de Kuznets aplicada ao relacionamento entre a taxa de desmatamento e a renda *per capita* nos estados da Amazônia Legal.

## 2. ECONOMIA DA AMAZÔNIA LEGAL

O presente capítulo apresenta dois objetivos complementares. O primeiro, analisar a performance econômica da Amazônia Legal e de seus estados, tomando como base o comportamento do PIB, a dinâmica populacional, a renda *per capita* e a distribuição setorial do emprego formal, de forma a identificar as mudanças setoriais observadas na estrutura produtiva da região e de cada um dos seus estados.

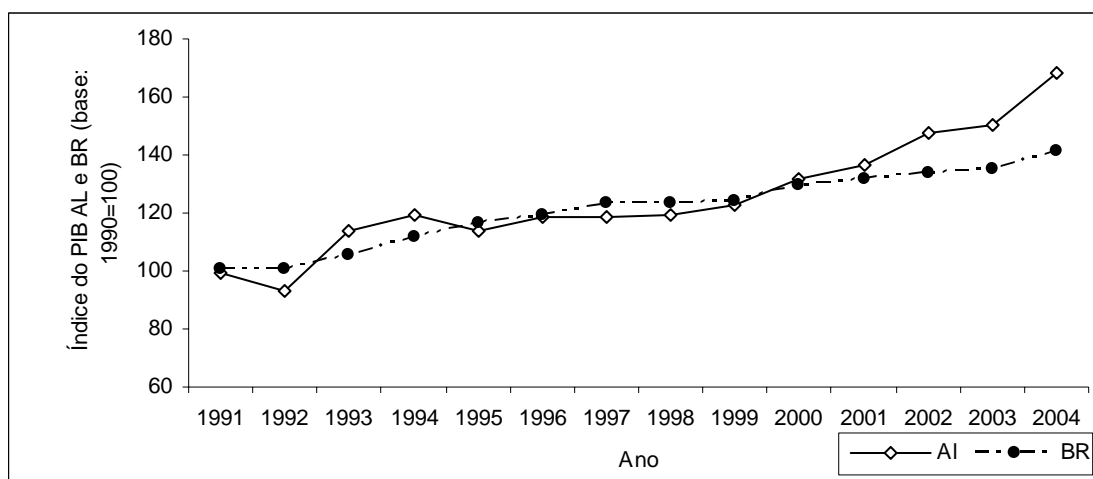
O segundo objetivo é caracterizar cada um dos fatores listados como determinantes da PTF, aqui representativos do capital humano, social, natural e físico; assim como os instrumentos de política regional, representados pelos fundos de investimento governamental. Pretende-se destacar o comportamento dos estados, em relação aos fatores observados e a compará-lo com outras regiões e com a média nacional. Pretende-se situar o leitor sobre as disparidades intra-regionais e as desigualdades entre essa região e os principais pólos produtivos do país, resultante, em grande medida, da adoção de políticas setoriais que privilegiam as regiões mais industrializadas.

Discutem-se as taxas de desmatamento para a região; a baixa participação dos estados da Amazônia Legal na distribuição dos recursos destinados à formação de pessoal qualificado; a capacitação de professores; a criação de grupos de pesquisa; a formação bruta de capital fixo; o acesso às

linhas de financiamento para o setor agrícola e industrial; e o estímulo na formação de cooperativas, associações e entidades de classe.

## 2.1. Desempenho econômico da Amazônia Legal

O desempenho econômico da Amazônia Legal, mensurado pelo índice do PIB, com base no ano de 1990 (Figura 1), acompanha a tendência de crescimento desse indicador para o Brasil, no período de 1990 a 2004. Nos dois primeiros anos da década de 1990, a atividade produtiva da região amazônica ficou com índices abaixo do aferido em 1990, e inferior ao registrado pelo país. Isso se deve, em grande medida, aos reflexos das alterações econômicas adotadas pelo Governo Collor, tais como a expansão da abertura comercial, a redução dos incentivos fiscais do Governo Federal à região, as medidas cambiais, a retração dos investimentos públicos e a redução da liquidez.



Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do Ipea (2007).

Figura 1 – Evolução do índice do PIB, Amazônia Legal e Brasil, 1990-2004.

Entre 1993 e 1994, a economia amazônica volta a crescer, com desempenho superior ao da economia do país, comparado ao ano de 1990. Porém, no período entre 1995 e 1999, a economia da Amazônia Legal apresenta uma performance inferior à obtida pelo país, mas, com tendência crescente, resultante do aquecimento econômico proporcionado pela elevação do consumo de bens e serviços – com destaque para os produtos alimentícios e eletrodomésticos. Os investimentos realizados pela privatização das empresas estatais de mineração, a distribuição de energia elétrica e telecomunicações; a implantação de programas sociais de distribuição de renda; e os gastos em infraestrutura rodoviária e portuária, também foram responsáveis pelo aquecimento econômico.

A partir do ano 2000, o crescimento do PIB da Amazônia Legal tornou-se mais acentuado que o registrado pelo país. Tal fato é decorrente, em parte, da ampliação de setores econômicos ligados à agropecuária, à indústria extrativa mineral e de transformação, os quais foram favorecidos pela política cambial que beneficiaram as exportações. O crescimento do PIB deve-se, ainda, à expansão dos serviços privados e públicos (ADA, 2006).

As mudanças observadas na estrutura produtiva da região amazônica, de acordo com os dados da Tabela 1, mostram a elevada importância do setor agropecuário na formação do PIB dos estados da Amazônia Legal, com destaque, em 2003, para os Estados do Mato Grosso (36,3%), Pará (23,6%), Maranhão (20,3%) e Rondônia (18,7%). Segundo dados do Plano Amazônia Sustentável (PAS), de 2006, nas últimas três décadas, 60% da expansão do valor da produção agropecuária ocorreu no Pará e no Mato Grosso.

Tabela 1 – Composição do PIB, segundo setor de atividade econômica\*, nos estados da Amazônia Legal, 1985 e 2003, em %

Local	Ano	Setor de atividade econômica					Total
		1	2	3	4	5	
AC	1985	23,2	0,0	8,6	29,6	38,5	100,0
	2003	5,9	0,0	17,9	41,5	34,8	100,0
AM	1985	9,1	6,2	44,7	8,8	31,1	100,0
	2003	4,3	5,7	51,5	10,6	27,9	100,0
AP	1985	8,7	15,0	3,3	17,9	55,2	100,0
	2003	3,8	3,5	1,4	39,2	52,1	100,0
MA	1985	27,2	0,0	11,7	14,8	46,3	100,0
	2003	20,3	0,0	18,6	22,9	38,2	100,0
MT	1985	20,3	1,8	9,7	16,4	51,8	100,0
	2003	36,3	1,0	11,7	13,5	37,4	100,0
PA	1985	27,4	4,6	13,8	11,2	43,1	100,0
	2003	23,6	3,5	17,5	17,6	37,8	100,0
RO	1985	18,5	5,3	17,2	22,3	36,7	100,0
	2003	18,7	0,8	11,7	25,0	43,9	100,0
RR	1985	12,7	0,0	3,0	25,6	58,8	100,0
	2003	3,4	0,0	0,6	56,1	39,8	100,0
TO	1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
	2003	14,7	0,0	7,8	25,2	52,2	100,0

Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do IBGE (2007a).

\* Nota: Atividades: 1. Agropecuária; 2. Indústria extrativa mineral; 3. Indústria de transformação; 4. Serviço de administração pública, defesa e seguridade social; 5. Outros serviços.

Os resultados positivos do setor agropecuário decorrem, em grande medida, da expansão na produção pecuária dos estados da Amazônia Legal, com destaque para o Mato Grosso e Pará. Dados do IBGE (2007b) mostram que, para o período de 1990-2004, o efetivo bovino da Amazônia Legal cresceu, em média, 6,82% ao ano, passando de 26,6 milhões de cabeças de gado, em 1990, para 71,6 milhões, em 2004, representando 35,0% do rebanho nacional. Essa elevação da atividade pecuária na região foi disseminada pelos projetos agropecuários contemplados com os incentivos fiscais da SUDAM (ADA, 2006). A participação do rebanho bovino da Amazônia Legal, no total do rebanho brasileiro, passou de 10% para 20%, entre 1980 e 2000 (IBGE, 2007b).

A expansão das áreas de culturas temporárias e permanentes contribuiu positivamente para aumento do produto agropecuário. Devido às mudanças tecnológicas, houve a elevação do rendimento por hectare, obtido pela cultura da soja, do algodão, do milho, da cana-de-açúcar, do açaí, do cupuaçu, da banana e de outros produtos regionais. A elevação da produção agrícola e da pecuária nos estados da Amazônia Legal proporcionou a interligação desses setores com os demais, na medida em que criou a possibilidade de beneficiamento de novos bens e produtos e ampliou as cadeias produtivas.

Os Estados do Acre e Roraima se destacam por apresentarem redução na participação relativa do setor agropecuário, decorrente, das alterações no perfil produtivo, visto que passaram de estados com elevada produção extrativista para estados com estruturas produtivas em que predominam atividades ligadas à pecuária, à lavoura e à extração e ao beneficiamento de madeira. Nesses estados têm-se os mais elevados índices de participação do setor de serviços de administração pública, defesa e seguridade social, o que mostra que o poder público, em suas três esferas administrativas, é o principal empregador e gerador de divisas para os estados, diferentemente do observado em outros estados da Amazônia Legal.

A atividade industrial (extrativa mineral e de transformação), de acordo com os dados da Tabela 1, mostra que os estados com maior valor de participação desse setor no total do PIB estadual, em 2003, foram: o Amazonas (57,2%), o Pará (21,0%), o Maranhão (18,6%) e o Mato Grosso (12,7%). O Estado do Amazonas aumentou o nível da concentração produtiva do setor de transformação, passando de uma participação relativa de 44,7%, em 1985, para 51,5%, em 2003, com destaque para os produtos eletroeletrônicos e para os veículos de duas rodas. O Estado do Maranhão registrou uma elevação de 6,9 pontos percentuais na participação da renda gerada pela indústria de transformação, impulsionado pela construção da infra-estrutura de rodovias, ferrovias e portos, utilizada para o escoamento dos minérios extraídos nas regiões Sul e Sudeste do Pará, com destaque para o ferro extraído da Serra de Carajás. No Pará, houve um aumento do produto do setor de transformação, da ordem de

3,7 pontos percentuais, no período de 1985 a 2003. No entanto, registrou-se uma queda na renda gerada pelo setor da indústria extrativa mineral, da Amazônia Legal, passando de 4,6%, em 1985, para 3,5%, em 2003, explicada, em parte, pelo fechamento da mina de bauxita localizada na Serra do Navio, no Amapá. No Mato Grosso, o aumento da participação da indústria de transformação foi da ordem de dois pontos percentuais, devido, em grande medida, à implantação de agroindústrias ligadas ao setor de beneficiamento de grãos, carne bovina e aves (frigoríficos).

O Valor da Produção Industrial (VPI) da Amazônia Legal, em 1996, representava 5,37% do total auferido pelo IBGE, para o Brasil, alcançando 5,59%, em 2000, e 6,31%, em 2003. Em termos de crescimento médio anual, a região registrou crescimento, no período de 1996 a 2003, de 18,16% a.a., enquanto o Brasil crescia a 15,46% a.a., no mesmo período. Vale ressaltar que o crescimento, a taxas superiores à do Brasil, foi observado a partir do ano 2000, ficando, em média, de 4 a 7 pontos percentuais acima da média nacional.

A distribuição espacial da produção industrial, em 1996, mostra que o Estado do Amazonas detinha 65,86% de toda produção da região, seguido pelo Pará (17,18%) e Mato Grosso (11,01%), ou seja, quase 95% do VPI se concentravam em três estados da região. Em 2003, a concentração continuou elevada (92,58%), porém, houve queda do produto industrial do Amazonas (54,42%) e elevação do produto no Pará (22,10%) e no Mato Grosso (16,06%).

Com relação ao Amazonas, o destaque recai sobre o Pólo Industrial de Manaus (PIM) que é o principal centro industrial da região, com atuação nos segmentos de aparelhos de telefonia celular, aparelhos de televisão, aparelhos de CD, relógios, instrumentos óticos, veículos de duas rodas (motocicletas e bicicletas) e equipamentos de informática (ADA, 2006).

No Estado do Pará, os segmentos industriais com maior expressão econômica foram os de alimentos e bebidas, os de minerais não-metálicos, os de madeira e os mobiliários e de metalúrgica. No Mato Grosso, se sobressai o setor agroindustrial e, no Maranhão, os setores de alimentos e bebidas e de minerais não-metálicos.

De acordo com Nascimento e Lima (2005), no início da década de 1990, as empresas do Pólo Industrial de Manaus (PIM) tornaram-se menos competitivas devido ao processo de abertura comercial e aos efeitos da política econômica de estabilização do Governo Collor, que reduziu o nível de proteção das empresas do PIM. No entanto, observam-se ganhos no faturamento, passando de US\$ 5.076,7 bilhões de dólares, em 1988, para US\$ 10.313,2 bilhões de dólares, em 2000, acusando uma taxa média de crescimento anual de 5,42%. Houve também ganhos de produtividade, que em 1988 foram de 84,6 mil dólares por trabalhador e, em 2000, alcançaram 216, 66 mil dólares por trabalhador – duas vezes e meia acima da produtividade inicial do período. Como visto, mesmo com a adversidade da política de estabilização, em curso, no período, os resultados são positivos para as empresas do PIM.

O processo de industrialização na Amazônia Legal decorre de vários fatores, dentre eles destacam-se:

- a) a busca por novos recursos naturais, principalmente, de grandes extensões de terra para o cultivo de culturas com elevada procura nos mercados nacional e internacional, e a extração de minérios com expressivo valor no mercado mundial, o que provocou a criação de novas atividades industriais proporcionadas por empresas nacionais e multinacionais;
- b) a ação do Estado, via concessão de incentivos da SUDAM, BASA e SUFRAMA na região, a construção de infra-estrutura, como parte do plano de ação estabelecido pelo Governo Federal no II PND;
- c) a ampliação da dimensão do mercado local, devido ao crescimento urbano das principais cidades localizadas na região amazônica.

A Tabela 2 mostra a relação existente entre o crescimento da produção, a variação demográfica e o comportamento da renda *per capita* nos estados da Amazônia Legal, no período de 1990-2004. Como visto, os Estados do Acre, do Mato Grosso, do Tocantins e do Maranhão apresentaram crescimento produtivo acima da média da região. Em relação à dinâmica demográfica, Acre e Mato Grosso registraram crescimento médio anual acima da média da região. No restante dos estados, com taxa de crescimento da atividade produtiva abaixo da

média da região, encontram-se taxas de crescimento populacional acima da média.

Tabela 2 – Taxa média de crescimento (anual) do PIB, da população e do PIB *per capita* na Amazônia Legal, 1990-2004

Estado	PIB	População	PIB <i>per capita</i>
AC	3,90	2,87	1,05
AM	2,47	2,95	-0,47
AP	2,60	4,63	-1,94
MA	2,79	1,47	1,30
MT	5,88	2,36	3,44
PA	1,08	2,41	-1,30
RO	1,76	2,57	-0,79
RR	1,54	4,29	-2,63
TO	5,75	2,27	3,40
Média da AL	2,72	2,30	0,41

Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados censitários do IBGE (2007a) e IPEA (2007).

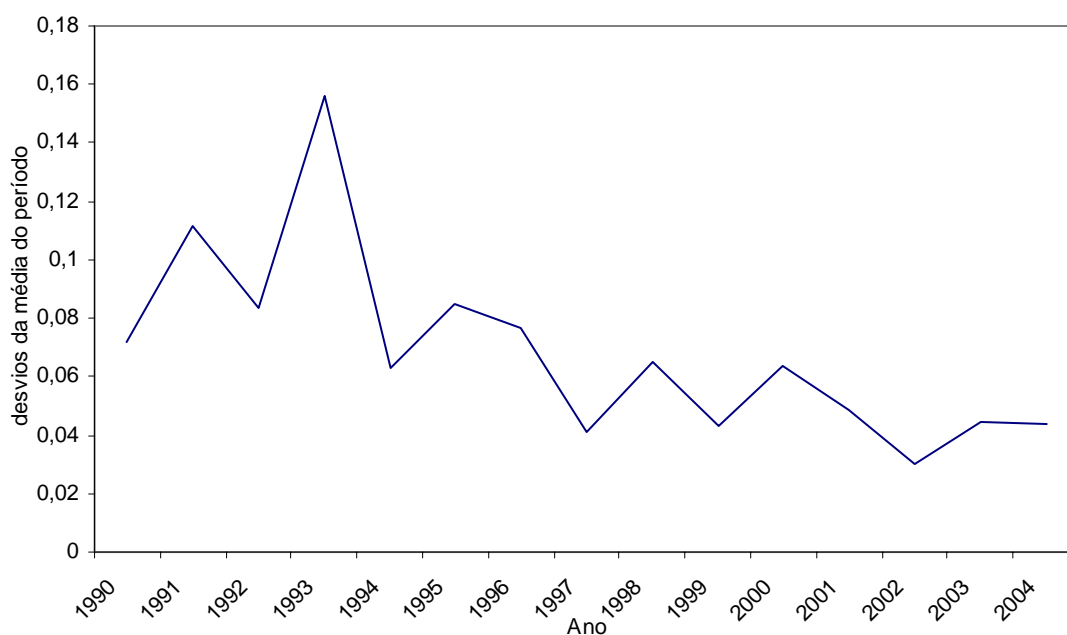
Os estados do Mato Grosso e do Tocantins foram os que apresentaram as maiores taxas de crescimento da renda *per capita*, devido a elevadas taxas anuais de crescimento do PIB, e à média de crescimento populacional, próximas à média da região. Ainda com taxas positivas de crescimento da renda *per capita*, porém, em menor intensidade, encontram-se os estados do Acre e do Maranhão.

Os estados caracterizados com a taxa de crescimento populacional superior à de crescimento do produto (Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia e Roraima) apresentam uma baixa na taxa de crescimento da renda *per capita*, devido ao adensamento populacional das áreas urbanas das cidades.

O crescimento médio anual do PIB da Amazônia Legal foi da ordem de 2,72% a.a., enquanto a taxa de crescimento populacional ficou em torno de

2,30% a.a., resultando em um crescimento da taxa do PIB *per capita* de 0,41% a.a.. Esse resultado é devido, em parte, ao baixo desempenho das atividades produtivas dos estados com taxas negativas de crescimento do PIB *per capita*, agravados por elevadas taxas de crescimento populacional, decorrente, em grande medida, pelo fluxo migratório de pessoas oriundas dos estados do Nordeste, em especial do Ceará e do Piauí, motivados pela implantação e, ou, pela ampliação dos investimentos realizados pelo setor minero-metalúrgico.

A Figura 2 indica um processo de convergência dos níveis de renda *per capita* entre os estados da Amazônia Legal, no período de 1990-2004, mostrando que nesses anos ocorreu uma contínua redução das diferenças de renda entre os estados – mensurados pelo coeficiente de variação em torno da média dos estados por ano, ou seja, a dispersão absoluta –, com intensidade diferente dentro do intervalo de tempo.



Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do IPEA (2007).

Figura 2 – Dispersão do PIB *per capita*, Amazônia Legal, 1990-2004 (coeficiente de variação).

No período referente à primeira metade dos anos de 1990, a dispersão é elevada, sinalizando uma severa desigualdade da renda *per capita* nos estados, principalmente, no período que antecede a implantação do Plano Real. Na segunda metade da década de 1990, o coeficiente de variação continua sua tendência de queda, porém, com taxas menores de dispersão, sinalizando crescente nível de homogeneidade em torno da média dos desvios, proporcionado, em parte, pela elevação do poder de compra dos salários, ocorrido devido à redução do nível geral de preços. A partir de 2000, o coeficiente de variação mantém a tendência de queda, porém com variação menor à observada nos períodos anteriores a 2002, quando ocorre a inflexão do coeficiente de variação.

Os resultados apontam para a redução das desigualdades de renda entre os estados da Amazônia Legal, mostrando uma aproximação das regiões mais prósperas daquelas mais reprimidas economicamente, no decorrer do período em análise. No entanto, o nível de renda *per capita* da região é inferior ao observado para o Brasil. Em 1991 a renda *per capita* na Amazônia Legal foi de R\$ 3.247,00, enquanto a do Brasil foi de R\$ 5.835,00, ou seja, a renda da região representava 55,6% da renda média gerada no país. Em 2000, a renda da região foi de R\$ 3.480,00 contra R\$ 6.486,00 do Brasil, representando 53,6% da renda *per capita* nacional. Diante desses resultados, conclui-se que há um processo contínuo de convergência na renda *per capita* da região, porém, seu limite estará em um patamar inferior ao nível de renda nacional. A velocidade da convergência para a região não foi calculada, pois não está nos objetivos deste trabalho.

Em termos da distribuição do emprego formal, segundo as atividades produtivas desenvolvidas na Amazônia Legal, os dados da Tabela 3 mostram ter havido mudanças estruturais na configuração do sistema produtivo da região. Os setores Agropecuário e Comercial foram os que apresentaram elevação da participação do total de empregos gerados nos anos de 1995 e 2004, sinalizando um aumento na concentração das atividades relacionadas a esses setores. Tomando como base de comparação a estrutura participativa dos setores no total

de empregos formais gerados para o ano de 1985, observa-se que a participação do setor agropecuário mais do que dobrou no ano de 2004. Enquanto os outros setores tiveram redução, em relação ao ano de 1985.

Tabela 3 – Participação percentual do emprego, segundo setor de atividade econômica, Amazônia Legal, 1985, 1995 e 2004\*

Setor	1985	1995	2004
Extração mineral	1,97	0,53	0,40
Indústria transformação	14,12	12,80	13,14
Construção civil	7,32	3,59	3,84
Comércio	11,73	12,23	17,77
Serviços	25,06	25,64	22,32
Agropecuário	1,67	3,12	5,37
Outros	38,13	42,09	37,15
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados do Brasil (2007b).

\* Nota: Os setores de serviços industriais, de utilidade pública, a administração pública e os ignorados foram agregados no setor “outros”.

A redução da participação do setor de extração mineral deve-se, em parte, ao fato de que, em 1985, os projetos minerais na região amazônica estavam em fase de implantação, o que demandou um número elevado de empregados para a realização das obras de construção civil e de infra-estrutura de estradas, ferrovias e alojamentos, enquanto que, nos anos seguintes, a mão-de-obra requisitada foi mais especializada e baseada no uso intensivo de processos eletrônicos otimizados de produção, resultando em níveis baixos de empregos.

Os resultados relativos à composição setorial do emprego apontam para a pouca eficiência do modelo de exploração dos recursos naturais na Amazônia Legal no que se refere à geração de emprego e renda e seus encadeamentos com

outros setores econômicos intra-regionais. A realidade encontrada no setor difere, significativamente, daquela apregoada pelo Governo Federal, que optou pelos elevados investimentos em infra-estrutura, justificados pela necessidade da geração de divisas para o país e de alavancar o desenvolvimento regional, via verticalização da produção do setor minero-metalúrgico. Segundo diagnóstico setorial da ADA (2006, p. 71),

... as mudanças no mercado de trabalho, decorrentes da minero-metalurgia, mesmo recorrendo à contratação de força de trabalho local, estão assentadas em relações cuja pequena dimensão e peculiaridades têm tido contribuição muito restrita para o estabelecimento de processos de desenvolvimento de base local, dependentes e formadores de capital humano...

A distribuição setorial do emprego na indústria de transformação, no período em análise, reflete a mudança do padrão industrial da região, em que a expansão do setor se dá para além das atividades produtivas da ZFM e do PIM, e alcança o setor de alimentos e bebidas, com destaque para o processamento de frutas tropicais, carnes, aves, peixes e a produção de bebidas.

O comportamento da participação do setor de construção civil na distribuição dos empregos é reflexo da mudança do modelo de desenvolvimento estabelecido para a região, em que o investimento público em infra-estrutura era parte importante da estratégia de criar, na Amazônia, um complexo industrial minero-metalúrgico. No entanto, com a escassez do crédito internacional e a elevação da dívida externa brasileira, ocorre uma reorientação dos investimentos prioritários e as etapas seguintes do grande projeto para a Amazônia não foram concretizadas, como exemplo, as eclusas de Tucuruí, que viabilizariam a navegação pela hidrovia Araguaia-Tocantins. A porcentagem de participação do setor, nos anos de 1995 e 2004, reflete, em grande medida, os investimentos realizados pelo setor privado e algumas obras de infra-estrutura realizadas pelos estados e municípios da região.

A elevação da participação do setor agropecuário nos anos de 1995 (3,12%) e 2004 (5,37%) sinaliza para o processo de profissionalização e formalização das atividades produtivas do setor, decorrente da reorientação formulada pelo Governo Federal, no sentido de financiar novos projetos que

estivessem enquadrados no conjunto de Arranjos Produtivos Locais (APL), visando ao fortalecimento horizontal das cadeias produtivas de produtos com base em insumos animal e vegetal.

Por fim, observa-se a reestruturação das atividades econômicas na Amazônia Legal, com destaque para o setor agroindustrial, eletroeletrônico, e o setor minero-metalúrgico, impulsionados pela elevação da demanda interna e externa de produtos, cujos insumos são recursos naturais extraídos da região. No entanto, esse movimento de reestruturação não é uniforme aos estados da região, pois, Rondônia e Roraima continuam a ter forte participação do setor público na conformação do produto real.

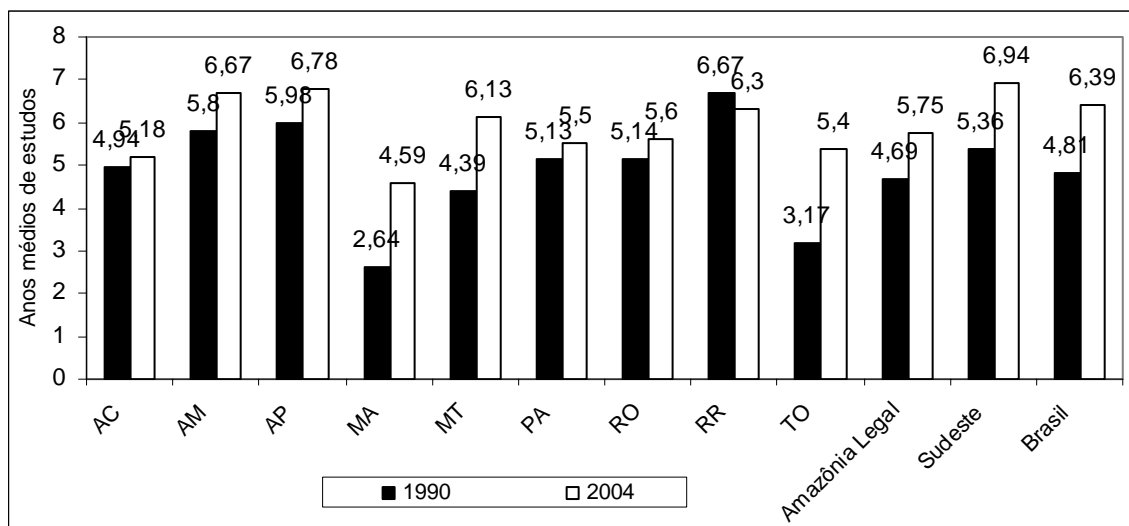
## **2.2. Determinantes da produtividade total dos fatores na região**

### **2.2.1. Capital humano**

No contexto dos estados da Amazônia Legal, a média dos anos de escolaridade teve um crescimento de 22,6%, saindo de 4,69 anos, em 1990, para 5,75 anos, em 2004, um crescimento absoluto de 1,06 anos. Em termos absolutos, o crescimento dos anos de escolaridade da região amazônica ficou 0,54 anos abaixo do registrado no Brasil (1,60 anos), para o período compreendido entre 1990 (4,8 anos) e 2004 (6,4 anos).

Como visto, na Figura 3, o único estado que registrou um declínio nos anos de escolaridade foi Roraima, que saiu de 6,67 anos, em 1990, para 6,30 anos, em 2004 – uma redução de 0,37 ano, em termos absolutos, e 5,6% em termos relativos. Os demais estados cresceram. Porém, apenas o Amazonas e o Amapá tiveram crescimento acima da média nacional, referente a 2004. As maiores elevações entre os estados que ficaram abaixo da média de 2004 foram registradas no Maranhão – em termos absolutos, 1,95 anos e em termos relativos, 73,8%. No Tocantins, a média de anos de estudos saiu de 3,17 anos para 5,4 anos, que representa um ganho absoluto de 2,23 e relativo de 70,3%, para o período. Os números mostram, ainda, que para os dois principais estados da

região, Amazonas e Pará, ocorreu uma elevação de 0,80 ano, em termos absolutos e de 13,4%, em termos relativos para o primeiro, enquanto o segundo cresceu 0,37 ano, em termos absolutos e 7,21%, em termos relativos.



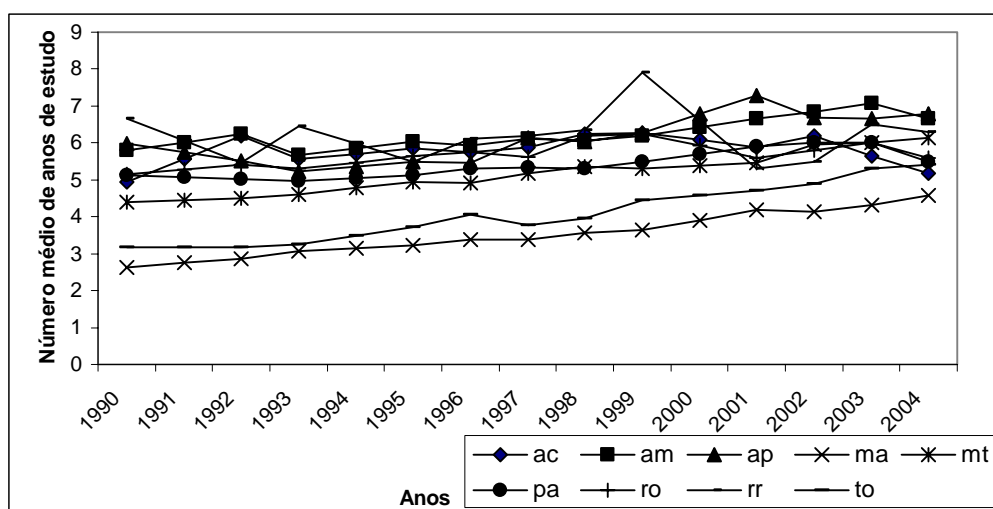
Fonte: Elaboração do autor a partir dos dados do IPEA (2007).

Figura 3 – Anos médios de escolaridade das pessoas de 25 anos ou mais, Amazônia Legal, região Sudeste e Brasil, 1990 e 2004.

Comparando a média dos anos de estudos da região amazônica com a média observada na região Sudeste e no Brasil, tem-se que, na região Sudeste, a média de escolaridade cresceu 29,5% quando se compara a média de anos de 2004 (6,94 anos) com a de 1990 (5,36 anos); na região amazônica, a média, em 1990, foi de 4,69 anos, passando para 5,75 anos em 2004, auferindo um crescimento de 22,6%. Em relação ao Brasil, o crescimento alcançou 32,8% no mesmo período.

Em termos gerais, a região elevou a média dos anos de estudos, como o que aconteceu na região Sudeste e no Brasil, ou seja, segue a tendência de elevação, observada na década de 1990. No entanto, a evolução na região Amazônica não é homogênea, como pode ser observado pela Figura 4. A partir

de 1996, com a criação do Fundo de Manutenção do Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério (FUNDEP) e a nova Lei de Diretrizes e Bases para a Educação Nacional (LDB), tem-se a expansão do ensino fundamental, a interiorização do ensino superior, a ampliação das vagas nos cursos supletivos, além do surgimento de programas de alfabetização de adultos, fatores responsáveis pela elevação dos anos de estudo na região.



Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do IPEA (2007).

Figura 4 – Anos médios de escolaridade das pessoas de 25 anos ou mais, Amazônia Legal, 1990-2004.

Segundo Loureiro (2004), a taxa de escolarização de crianças entre 7 e 14 anos no ensino fundamental, na região amazônica, passou de 88%, em 1994, para 96%, em 2000, o que significa um elevado crescimento em um curto período de tempo, quase alcançando a meta de universalização do ensino fundamental.

Um aspecto a ser considerado nesse esforço institucional de elevar o nível educacional dos brasileiros é a qualidade do ensino e o nível de absorção de conhecimento pelos alunos do ensino fundamental e médio. Alguns estudos tentam controlar a qualidade do nível educacional de um país mensurando-a com

testes internacionais em disciplinas básicas como a matemática e a ciências. Os testes freqüentemente utilizados são o *International Association for the Evaluation of Educational Achievement* (IEA), *International Assessment of Educational Progress* (IAEP), *Third International Mathematics and Science Study* e o *International Adult Literacy Survey*, utilizados por Hanushek e Kimbo, e Barro, os quais encontram uma relação positiva entre os testes e as taxas de crescimento da renda real *per capita*, em dados de corte (NAKABASHI, 2005).

No Brasil, o Sistema de Avaliação do Ensino Básico (SAEB), criado em meados dos anos de 1990, foi efetivamente implantado a partir de 1995, com a aplicação de testes de matemática e língua portuguesa para os anos da 4.<sup>a</sup> e 8.<sup>a</sup> séries do ensino fundamental e para o 3.<sup>o</sup> ano do ensino médio. Os resultados para a região Norte mostram que, no período de 1995 a 2003, ocorreu uma queda na pontuação auferida pelos alunos das três séries investigadas, em ambas as disciplinas. Essa queda também foi percebida em outras regiões do Brasil, porém, se comparada à região Sudeste, a pontuação obtida pelos alunos da região Norte fica abaixo, em pelo menos 22 pontos, em termos absolutos. Se o foco for o desempenho dos estudantes de escolas do interior da Amazônia, essa diferença de pontuação se eleva.

A LDB forçou a interiorização do ensino superior devido à obrigatoriedade de os professores terem o nível superior para lecionar em qualquer série do ensino médio, situação que incentivou as Instituições de Ensino Superior (IES) a ampliarem a oferta de cursos e vagas nos principais municípios da região Norte. No entanto, grande parte das vagas ofertadas foi para cursos de licenciatura, como forma de atender às exigências da LDB e não para cursos que proporcionassem a realização de pesquisa de base, desenvolvimento tecnológico e outras atividades de extensão – áreas que não tiveram a mesma evolução quantitativa observada pelas licenciaturas. Os dados da Tabela 4 mostram a evolução do número de funções docentes, discentes matriculados e a relação matrícula/função docente para os estados da região.

Tabela 4 – Número de matrículas e de docentes de ensino superior, Amazônia Legal, 1990 e 2004

Estados	1990			2004		
	Matrícula (A)	Docentes (B)	A/B	Matrícula (A)	Docentes (B)	A/B
Acre	2.099	263	7,98	13.888	701	19,81
Amazonas	9.026	1.141	7,91	72.967	3.828	19,06
Amapá	-	-	-	17.106	648	26,40
Maranhão	9.725	1.372	7,08	60.825	3.050	19,94
Mato Grosso	10.807	1.389	7,78	64.598	4.645	13,91
Pará	27.667	2.300	12,03	75.298	4.819	15,63
Rondônia	3.264	297	10,99	31.387	1.582	19,84
Roraima	410	57	7,19	6.311	666	9,47
Tocantins	1.840	93	19,78	33.719	1.702	19,81
Total	64.838	6.912	9,38	376.099	21.641	17,38

Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados do MEC/INEP.

Em estados como Acre, Amazonas e Maranhão, a relação matrícula/docente, em 2004, chega a ser além do dobro da observada em 1990. O total de alunos matriculados, em 2004, foi quase seis vezes mais do que em 1990 e o número de professores mais que triplicou na região, descontada a parcela que deve exercer a atividade docente em pelo menos duas IES.

A idéia básica de Lucas (1988) centra papel fundamental no processo de educação e desenvolvimento de habilidades da população, pois esse é um dos canais de transformação do entorno onde as empresas desenvolvem suas atividades produtivas e elevam a produtividade de sua mão-de-obra. A difusão de novas tecnologias, principalmente aquelas importadas, requer a formação de profissionais que possam absorvê-las e replicá-las em atividades correlatas ou utilizá-las para o desenvolvimento de novas técnicas, ou seja, inovação. O caminho para alcançar o conhecimento básico necessário para interagir com a realidade da região amazônica e propor formas de utilização de seus recursos naturais de maneira sustentável é o investimento na formação de profissionais de nível superior; em pesquisa básica; e formas inteligentes de absorver e difundir o

conhecimento das populações locais da região. Não se pode esperar que o desenvolvimento da Amazônia seja, mais uma vez, conduzido de fora para dentro como sugeria a lógica que sustentou a implantação dos grandes projetos, nas décadas de 1960 e 70.

O PAS (ADA, 2006), em seu diagnóstico sobre a trajetória temporal das atividades produtivas na Amazônia, conclui que, na década de 1990, a economia amazônica apresentava sinais de esgotamento dos ciclos expansivos ocorridos nas décadas anteriores – 1960, 70 e parte de 80 –, e apontava, como fator preponderante para essa situação, o baixo grau de inovação tecnológica e a dependência econômica de atividades produtivas de matérias-primas comercializadas no competitivo mercado global.

Galvão (2004) ressalta a importância da inovação no contexto regional e o papel do processo de aprendizagem para a geração de novos conhecimentos, que possam ser apropriáveis pela sociedade local na forma de bens intangíveis, cuja maior parcela de valor é devida à capacidade de inovar e aprender, ou seja, da apropriação e utilização desses conhecimentos. A concretização dessa apropriação requer a constituição de um sistema de C&T coeso que leve em consideração as diferenças e as peculiaridades social, econômica e cultural dos vários subespaços territoriais, como forma de reduzir as desigualdades regionais a partir do compartilhamento do conhecimento científico.

No entanto, é necessário ter capital humano para desenvolver tal tarefa e o que os dados da Tabela 5 mostram é a elevada distorção na distribuição de docentes das IES, segundo o nível de formação, no Brasil. Em 1990, a região contava com 3,15% do total de docentes do país, enquanto a região Sudeste detinha 55,47% desse total. Em 2004, em termos relativos, a participação da região Norte cresceu 1,61 pontos percentuais. Em termos absolutos, a região saiu de 4.154 docentes, em 1990, para 13.944, em 2004. O total de docentes cresceu a uma taxa de 8,41% ao ano e esse crescimento foi, significativamente, influenciado pelo período posterior a 1995, uma vez que foi encontrada por Costa (1998) uma taxa de 3,6% ao ano, para a primeira metade da década de 1990. A composição percentual de docentes, segundo a formação, nos anos de 1990 e

2004, mostra que houve um aumento expressivo do número de doutores e mestres.

Tabela 5 – Número de docentes segundo grau de formação, região Norte, Sudeste e Brasil, 1990 e 2004

	Grau de formação								Total	
	Graduação		Especialização		Mestrado		Doutorado		1990	2004
	1990	2004	1990	2004	1990	2004	1990	2004		
<b>Norte</b>	1.629	2.026	1.395	5.634	885	4.624	242	1.660	4.151	13.944
% em rel. Norte	7,03	14,53	33,61	40,40	21,32	33,16	5,83	11,90	100,00	100,00
% em rel. Brasil	3,59	5,01	3,35	6,52	3,19	4,40	1,43	2,71	3,15	4,76
<b>Sudeste</b>	24.396	21.053	21.363	38.673	14.997	50.307	12.265	35.804	73.021	145.837
% em rel. Sudeste	33,4	14,44	29,26	26,52	20,54	34,50	16,80	24,55	100,00	100,00
% em rel. Brasil	53,79	52,06	51,36	44,77	54,04	47,92	72,41	58,43	55,47	49,76
<b>Brasil</b>	45352	40.437	41597	86.375	27753	104.976	16939	61.279	131.641	293.067

Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados do MEC/INEP.

Segundo o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (2007), a participação de doutores em cursos de pós-graduação nos Estados do Pará e Amazonas cresceu 9,37% ao ano, no período de 1996 a 2004. Levando em consideração a totalidade dos estados com programas de pós-graduação (AM, PA, AC, RO, RR, TO), em 2004, a comparação teve um crescimento médio anual, para o período, de 10,77% ao ano.

Em razão do avanço tecnológico e das novas exigências de formação que vêm sendo apresentadas nos mercados, a estruturação de grupos de pesquisa é fundamental para absorver as novas tecnologias e deve ser financiado, conjuntamente, pelos setores públicos e privado. Segundo Aghion e Howitt (1998), a inovação é um processo social em que a intensidade e direção das atividades inovativas são condicionadas por leis, instituições, costumes e regulações, que afetam a decisão dos agentes econômicos quanto à alocação dos recursos em novas formas de organização e de P&D, ou investimento na formação intelectual. Dessa forma, a disseminação do conhecimento e a difusão

de novas tecnologias são fundamentais no processo de crescimento e desenvolvimento econômico dos países ou regiões.

Em relação aos grupos de pesquisa cadastrados junto ao CNPq, a região Norte participava com 2,0% do total de grupos no Brasil, em 1993, enquanto a região Sudeste e Sul participavam com 68,0% e 16,0%, respectivamente. Em 2004, a região Norte elevou sua participação para 4,0%, e as regiões Sudeste e Sul ficaram em 52,0% e 24,0%, respectivamente. Isso mostra a concentração dos grupos de pesquisa nas regiões mais produtivas do país.

Na distribuição dos grupos de pesquisa segundo os estados, em 1993, o Amazonas (41 grupos), Pará (20 grupos), Mato Grosso (9 grupos) foram os que apresentavam os maiores números da região, enquanto São Paulo e Rio de Janeiro contavam com 1.955 e 785 grupos, respectivamente. Essa distribuição, em 2004, teve um aumento significativo, em que o Amazonas contava com 289 grupos, o Pará, 286, e o Mato Grosso, 171 grupos. Nesse mesmo ano, o quantitativo de grupos em São Paulo (5.541 grupos) e no Rio de Janeiro (2.786 grupos) foi superior ao restante dos estados do país e significativamente maior do que os dos estados da Amazônia Legal.

Uma discussão detalhada sobre o sistema de C&T na Amazônia foi desenvolvida por Costa (1998), em estudo que abrange aspectos históricos, institucionais e sociais da pesquisa científica na região. O autor afirma que:

... trataremos assim a C&T na Amazônia como um conjunto de processos institucionalizados, nos quais pessoas produzem saber científico e/ou o transformam em potência social como força produtiva, seja pela vulgarização na região de teorias e técnicas pioneiras, de teorias geradas aqui ou lá fora, seja, ainda, pela incorporação em novas técnicas desenvolvidas fora da região, de saberes aqui produzido...

Ao se comparar a distribuição dos recursos financeiros do Governo Federal em C&T, segundo as regiões brasileiras (Tabela 6), tem-se uma distribuição participativa semelhante a dos recursos humanos qualificados para o desenvolvimento de pesquisas na região amazônica. Em relação aos gastos do CNPq com bolsas de estudo para os programas de pós-graduação nacionais, o valor monetário quase que duplicou, porém, a participação da região Norte equivale a 5% da aquela obtida pela região Sudeste. Essa configuração

distributiva se repete com relação aos gastos em bolsas para programas internacionais.

Tabela 6 – Dispêndio do governo federal em C&T, através do Ministério da Ciência e Tecnologia, região Norte, Sudeste e Brasil, 1996 e 2004

	1996	2004
Investimento do CNPq em bolsas (valores correntes, em mil reais)		
Norte	7.221 2,0%	13.612 3,0%
Sudeste	285.767 68,0%	331.606 61,0%
Brasil	422.850	502.606
Investimento do CNPq em bolsas no exterior (valores correntes, em mil reais)		
Norte	504 2,6%	684 2,4%
Sudeste	10.052 52,7%	15.204 52,9%
Brasil	19.058	28.727
Investimento do CNPq realizado em fomento à pesquisa (valores correntes, em mil reais)		
Norte	2.186 4,5%	15.234 7,0%
Sudeste	26.612 54,4%	102.053 46,9%
Brasil	48.875	217.738
Pagamentos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) em 2003 (valores correntes, em mil reais)		
Norte	8.913.188,40 2,2%	
Sudeste	114.888.481,04 28,8%	
Brasil	398.804.768,47	

Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do MCT/CNPq.

No caso dos gastos de fomento à pesquisa do CNPq, a região Norte teve, em 2004, participação superior a obtida em 1996. Todavia, essa fração de participação foi de 8,27% e 14,92%, para os anos de 1996 e 2004, respectivamente. Já em relação à participação no Fundo Nacional para o Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia (FNDCT), a parcela de recursos alocada à região é pouco superior a 2% do total de recursos distribuídos em 2003.

Ademais, cabe destacar o investimento dos estados da Amazônia Legal em C&T, que atuam de forma complementar ao investimento do Governo Federal. A participação percentual dos dispêndios dos governos estaduais em C&T em relação à receita total dos estados, no período de 1991-2003, é apresentada por Homma (2006), que discute a necessidade de definição de uma política de C&T para o setor primário na Amazônia. Este autor é incisivo em afirmar que se evidencia um atraso tecnológico e científico na região devido à incapacidade de competição com centros mais dinâmicos do país, além de reforçar a necessidade de maiores investimentos em capital humano e a definição de pesquisas que priorizem o interesse regional.

A criação de fundos de pesquisa na região também é apontada como uma estratégia hábil na alocação de recursos específicos à pesquisa e à definição das áreas de investigação, como forma de otimizar os poucos recursos disponibilizados pelo poder público. Um exemplo dessa pouca importância dada à C&T é o fato de o Estado do Pará, até a presente data, não contar com uma fundação de pesquisa como as que existem nas regiões mais desenvolvidas do país.

A Tabela 7 foi elaborada a partir dos dados apresentados por Homma (2006) e mostra que, em 1991, a participação dos gastos em C&T na região Norte representava 31,5% do valor da participação obtida pela região Sudeste. No âmbito dos estados, a maior fração alocada de recursos foi feita pelo Pará (1,06%). Em 1995, logo após a implantação do Plano Real, a participação decresce nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste, porém, se eleva nas regiões Sul e Centro-Oeste. Na região Norte, cabe destaque à acentuada redução ocorrida no Estado do Pará e ao crescimento no Amapá e Amazonas. Fatos importantes têm

que ser considerados nesse período, tais como: as mudanças no cenário político da região e a necessidade dos estados ajustarem suas contas e organizarem suas prioridades quanto à distribuição dos gastos, principalmente com pagamento de pessoal.

Tabela 7 – Participação relativa dos dispêndios em C&T em relação à receita total nos estados da região e nas demais regiões, 1991, 1995, 2000 e 2003

Regiões/Estados	1991	1995	2000	2003
<b>Norte</b>	<b>0,36</b>	<b>0,05</b>	<b>0,27</b>	<b>0,24</b>
Acre	Nd*	Nd*	0,67	0,69
Amazonas	Nd*	0,09	0,29	0,27
Amapá	0,10	0,14	0,83	0,38
Pará	1,06	0,01	0,24	0,20
Rondônia	0,06	Nd*	0,02	0,07
Roraima	0,01	0,00	0,13	0,07
Tocantins	0,00	0,00	Nd*	0,12
<b>Nordeste</b>	<b>0,72</b>	<b>0,50</b>	<b>0,29</b>	<b>0,44</b>
<b>Sudeste</b>	<b>1,14</b>	<b>0,75</b>	<b>1,13</b>	<b>0,93</b>
<b>Sul</b>	<b>0,59</b>	<b>1,45</b>	<b>0,68</b>	<b>0,66</b>
<b>Centro-Oeste</b>	<b>0,16</b>	<b>0,48</b>	<b>0,28</b>	<b>0,12</b>

Fonte: Adaptado de Homma (2006).

\* Nd = Não disponível.

Nos anos iniciais da década de 2000, a participação volta a crescer em grande parte das regiões brasileiras. Os estados da região Norte elevam seus gastos, porém, sempre com participações inferiores às observadas nas demais regiões.

O divórcio entre a definição dos temas de pesquisa e as necessidades de se pesquisar os problemas regionais relevantes ao desenvolvimento sustentável são destacados nos trabalhos de Costa (1998), Homma (2006) e Clemente et al.

(2003). Homma (2006) aponta a necessidade de novos centros de pesquisa na região, além de listar temas de interesse local que precisam ser mais bem explorados pela ciência, tais como: desmatamento e queimadas; biodiversidade; mercado para novos produtos oriundos da região; reutilização de áreas desmatadas; recuperação de áreas desmatadas; lixo urbano; e limites da agricultura familiar na Amazônia.

Segundo Clemente et al. (2003), para transformar o potencial dos recursos da floresta em produtos de mercado, que sejam lucrativos financeiramente, são necessários empreendedores e investimentos em C&T – para produzir as informações necessárias – em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) – para garantir a qualidade e complementar a cadeia produtiva –; além de investimentos em processamento e comercialização. Para os autores, “... as opções oriundas da biodiversidade, que merecem investimento na Amazônia são: agricultura e pecuária; madeira; ecoturismo; produtos florestais não madeireiros; carbono; genes que codificam funções úteis na indústria farmacêutica e afim”.

Por fim, cabe apresentar alguns resultados de pesquisas empíricas realizadas em parte dos estados da região amazônica, que mostram a deficiência do capital humano e o atraso tecnológico na região. Santana (2005) afirma ser incontestável o problema do déficit de investimento em desenvolvimento tecnológico na Amazônia e a necessidade de desenvolver tecnologia apropriada aos sistemas agropecuários e florestais da região, que ainda se encontra por ser pesquisada e, ou, adaptada.

Esse estudo aponta os principais problemas que as empresas estão enfrentando: falta de informação e de orientação técnica, baixo nível de qualificação de pessoal, falta de recursos financeiros e deficiente geração de C&T na região. A capacitação da mão-de-obra, a partir do treinamento especializado, oferecido pelas empresas, é concentrada em áreas como: qualidade e produtividade, tecnologia de produção, gestão de pessoal, operação de máquinas e equipamentos, gestão empresarial e segurança e medicina do trabalho. Entre os vários setores pesquisados, o de plantas medicinais é o que mais freqüentemente realiza treinamento na área de tecnologia. Os demais

setores pesquisados foram: plantas ornamentais e flores; agroindústria; fruticultura; aquíicultura; e madeira e mobiliária. Os resultados apresentados por Gomes (2003), para o setor madeireiro da região, corroboram com a assertiva de baixo nível do capital humano, uma vez que 43% dos empregados nas empresas do setor eram analfabetos, e apenas 28% tinham o ensino médio ou superior, em 2001.

Os estudos realizados pelos pesquisadores da região mostram a importância do investimento em capital humano como insumo necessário para o crescimento e desenvolvimento econômico da Amazônia, conforme as diversas correntes neoclássicas e a nova teoria do crescimento econômico. Há evidências de que o investimento em capital humano, realizado pelas empresas, está restrito ao treinamento para operar máquinas e equipamentos, além de práticas administrativas e contábeis. Dessa forma, o efeito sobre o nível de renda da região é residual, uma vez que a difusão do conhecimento não encontra mão-de-obra qualificada para processar a transferência de tecnologia e propor a criação e/ou inovação de novos produtos. O processo de imitação tampouco é estimulado. No entanto, para estruturar as bases científicas em que vai se dá o crescimento na Amazônia é preciso, inicialmente, definir os temas de pesquisa de acordo com as necessidades e oportunidades econômicas de produtos retirados da biodiversidade amazônica e aperfeiçoar a distribuição dos recursos financeiros junto aos diferentes institutos de pesquisa, como forma de se difundir a informação científica à sociedade.

### **2.2.2. Capital natural**

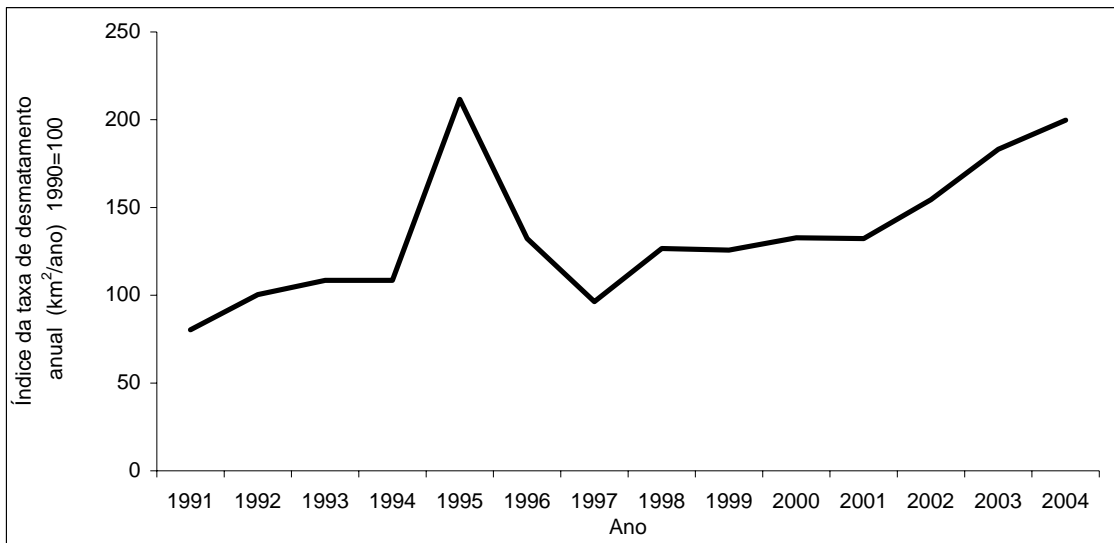
A região amazônica é uma das últimas reservas de floresta nativa do globo terrestre. Contempla quase dois terços das florestas ainda existentes no mundo e sua área representa cerca de 40% do território brasileiro. Em 2004, residia na Amazônia legal cerca de 23 milhões de pessoas, correspondendo a 12,8% do total de brasileiros, sendo que a grande maioria habita as áreas urbanas (68%). Em torno de 256 mil indígenas moram na Amazônia, cultivando seus

hábitos e costumes tradicionais. Segundo Clemente et al. (2003), a comunidade indígena da região “... criou a maior parcela do conhecimento tradicional sobre a biodiversidade que a Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB) afirma ser importante para alcançar o tão desejado desenvolvimento sustentável”. A região é responsável por 20% da produção nacional de soja. Contempla algo em torno de 11% do rebanho de gado bovino brasileiro, e 13,5% da produção nacional de minério são extraídos dela, com destaque para os minérios de ferro, alumínio, ouro e bauxita, que fazem parte da pauta de exportação do país.

Na literatura sobre o modelo de desenvolvimento regional adotado para a Amazônia, há consenso sobre a baixa eficácia das políticas que nortearam a alocação de recursos advindos dos fundos de investimentos criados para desenvolver a região. As atividades econômicas, amparadas pelo sistema da renúncia fiscal, somadas aos investimentos em infra-estrutura, promoveram a elevação da atividade pecuária (NASCIMENTO; LIMA, 2005), viabilizaram a construção da Rodovia Belém-Brasília e a construção da Hidroelétrica de Tucuruí. Isso contribuiu para elevação do contingente populacional. A violência no campo e nas áreas urbanas das grandes cidades cresceu, devido ao processo de apropriação de terras da União, via grilagem, e aos conflitos entre as comunidades locais e donos de terras interessados na derrubada de espécies de árvores protegidas pelo IBAMA (COSTA, 2002; NASCIMENTO; LIMA, 2005).

Com a expansão da agropecuária, tem-se a ampliação da fronteira agrícola e com ela a introdução de novas culturas e técnicas de produção adotadas, principalmente, pelos grandes latifúndios ligados a cultura dos grãos e da criação de gado. Segundo Castro (2005), a pecuária é a atividade econômica responsável pela maior parte do desflorestamento, devido às crescentes extensões de terra ocupadas por ela, à padronização do uso do solo e à inevitável concentração fundiária. Cabe frisar que a atividade madeireira tem forte participação no processo de desmatamento, devido à crescente demanda por madeira beneficiada e artefatos de madeira, e aos elevados preços no mercado internacional de espécies nobres de madeira (SANTANA, 2001; SANTOS, 2002; GOMES, 2003).

O avanço sobre áreas de floresta nativa é acentuado nos anos de 1990, visto que cerca de 17% da floresta já foi devastada. A Figura 5 apresenta o comportamento do índice da taxa de desmatamento para a região. Em comparação ao desmatamento realizado no ano de 1990, a Figura 5 mostra uma tendência crescente, porém com inclinação mais aguda nos períodos 1994-95, 1996-97 e 2001-02.



Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do INPE.

Figura 5 – Índice da taxa de desmatamento anual, Amazônia Legal, 1990-2004.

Com base nas imagens dos satélites Landsat, Alves (2001) investigou a distribuição do desmatamento na Amazônia e afirma que cerca de 90% do desflorestamento ocorre ao longo da malha rodoviária municipal, que circunda os grandes eixos e pólos de desenvolvimento nas décadas de 1970 e 1980. Segundo Reis (2001), com a consolidação dos grandes projetos, denominado como Pólo Siderúrgico de Carajás – envolvendo as minas, estrada de ferro, usinas siderúrgicas e a Hidroelétrica de Tucuruí – tem-se um efeito indireto sobre a área rural, em decorrência da elevação da demanda por terras agricultáveis, que foi induzida pelo processo de urbanização e de industrialização, e não um efeito

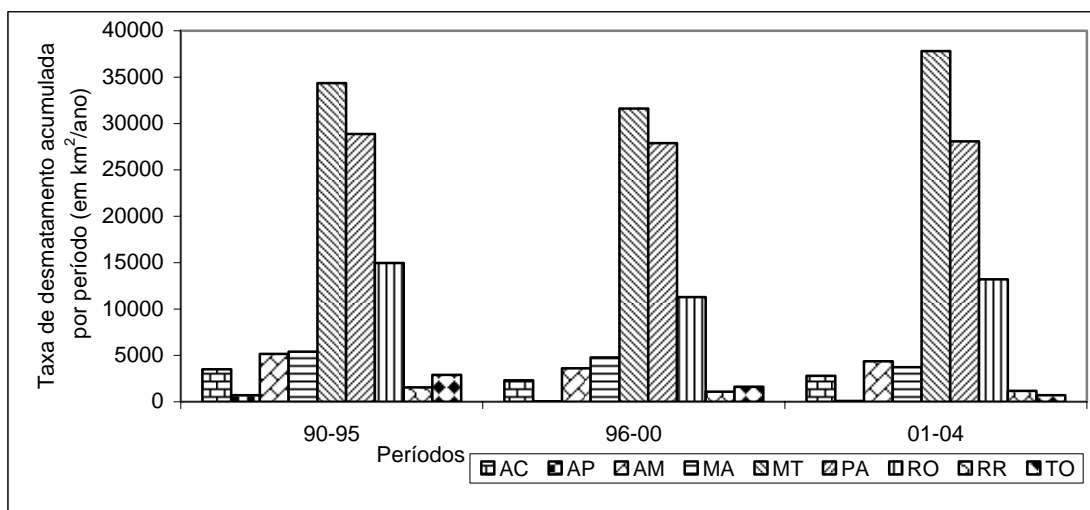
direto sobre as áreas de floresta nativa para atender a demanda de carvão das siderúrgicas. O autor conclui que o impacto sobre o desflorestamento é mais significativo ao longo da ferrovia que liga Carajás ao Porto da Madeira no Maranhão, devido ao surgimento de aglomerados populacionais.

Existem situações em que, após o desmatamento, as atividades agropecuárias implementadas contribuíram para elevar a produtividade da região, pelo nível de adoção tecnológica em culturas permanentes como a soja e o algodão, no Mato Grosso e Tocantins, e a produção de gado bovino e beneficiamento de madeira, no Pará. Há casos, nesses mesmos estados, em que o avanço sobre a floresta nativa e matas secundárias não resultaram em ganhos expressivos de produtividade, como é o caso das culturas itinerantes, usadas por camponeses tradicionais da região, principalmente nos Estados do Pará e Maranhão, que se utilizam da técnica de derrubada e queima para realizar sua produção. Segundo Hurtienne (2005), os dados do censo agropecuário de 1995/96 mostram que, no Estado do Pará, o valor da produção por pessoa ocupada na agricultura familiar foi de R\$ 834,00, enquanto nas fazendas e em grandes empresas esse valor ficou em R\$ 3.517,00 e R\$ 7.322,00, respectivamente.

Em relação à distribuição espacial do desmatamento, a Figura 6 mostra uma concentração elevada do desmatamento nos Estados do Mato Grosso, do Pará e de Rondônia. A participação desse grupo de estados, nos períodos de 1990-95, 1996-00 e 2001-04, foi de 80,2%, 84,0% e 86,0%, respectivamente. Esses estados fazem parte da extensão territorial denominada de “Arco do Desmatamento”, que vai do Maranhão até Rondônia, que Becker (2004) afirma ser uma área de povoamento consolidado, com atividades mais eficientes e rentáveis, representadas na agricultura e pecuária mais tecnificadas e mais produtivas<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Para a autora, a área não é mais a grande fronteira de expansão territorial e o desmatamento processado nesta área decorre da expansão das atividades agrícolas e pecuárias já existentes na área, à qual prefere denominar de “Arco do Povoamento”.



Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do INPE e IPEADData.

Figura 6 – Taxa de desmatamento anual, Amazônia Legal, 90/95, 96/00 e 01/04.

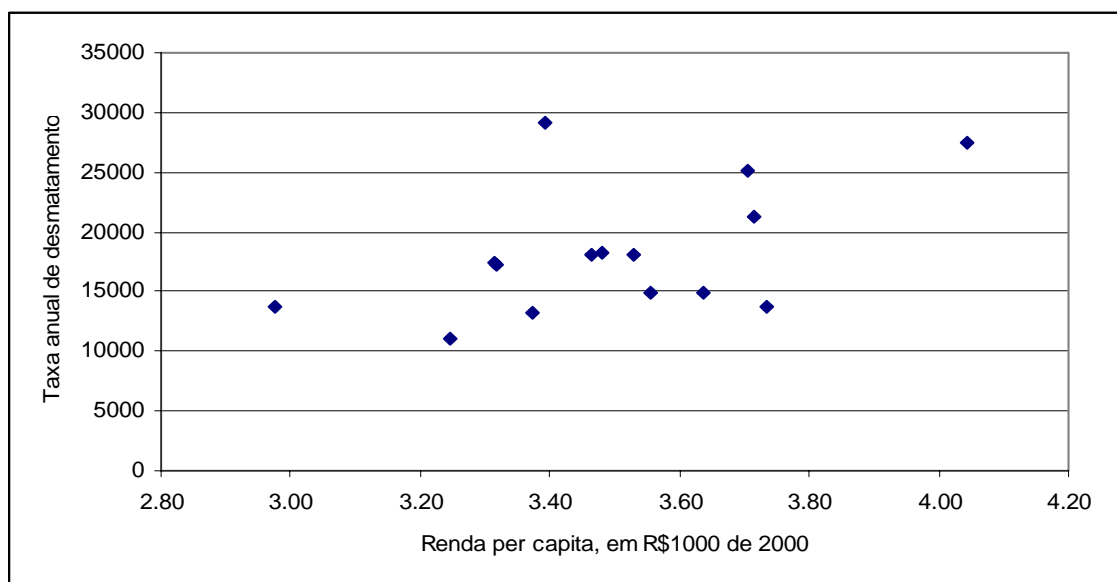
Cabe ressaltar que os estados mais aquinhoados com a política de desenvolvimento regional, desde 1970 – aqueles que receberam o maior volume de recursos em programas de colonização, de infra-estrutura e de renúncia fiscal direcionada à pecuária, à extração mineral e à exploração de madeira – foram os que apresentaram as maiores taxas de desmatamento acumulada, quais sejam: Pará, Maranhão, Mato Grosso e Rondônia (CASTRO, 2005).

Ao avaliar cada um dos estados que compõem o “Arco do Desmatamento”, verifica-se que o Mato Grosso contribuiu com 35% da área desmatada no período de 1990-95, enquanto os Estados do Pará e de Rondônia participaram com 30% e 15%, respectivamente. Os dados do INPE mostram que o desmatamento ocorreu ao longo da rodovia Cuiabá – Porto Velho – Rio Branco; das rodovias que ligam o Centro-Oeste ao Pará e ao Maranhão; e ao longo das rodovias Cuiabá – Santarém e Transamazônica. Na segunda metade da década de 1990 e nos anos iniciais de 2000, a expansão da cultura da soja tem forte participação na ampliação da área desmatada, com destaque para os elevados valores registrados no Mato Grosso.

Com as altas taxas de desmatamento no período 1990-2004, resultantes, em parte, do modelo de desenvolvimento regional implementado pelo órgão de

formulação de políticas para a Amazônia Legal, esperava-se que os indicadores econômicos e sociais refletissem a eficácia das políticas. No entanto, a renda *per capita* da região ficou abaixo da renda *per capita* nacional, corrigida a preços de 2000.

No contexto regional, os estados com a maior elevação da renda foram: Mato Grosso, Rondônia, Maranhão e Tocantins. A Figura 7 mostra a relação positiva entre os níveis de desmatamento e a renda *per capita*, indicando que aumentos da renda estão associados com elevação das taxas de desmatamento, e vice-versa. A correlação entre as variáveis é da ordem de 0,491, que pode ser considerada moderada para o intervalo de renda da Amazônia Legal.



Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do INPE.

Figura 7 – Taxa de desmatamento anual *versus* renda *per capita*, Amazônia Legal, 1990-2004.

A Tabela 8 aponta evidências para a relação positiva entre o tamanho da população dos estados da região amazônica e a taxa de desmatamento, indicando que nos estados com maior crescimento populacional há uma pressão maior sobre o desflorestamento.

Tabela 8 – Participação relativa percentual da taxa de desmatamento anual e da população residente, em relação ao total da Amazônia Legal, segundo estados, 1990, 1995, 2000 e 2004

Estados	1990		1995		2000		2004	
	Pop.	Desm.	Pop.	Desm.	Pop.	Desm.	Pop.	Desm.
AC	2,47	4,01	2,54	4,16	2,65	3,00	2,73	2,80
AM	12,38	3,79	12,81	7,27	13,36	3,35	13,79	4,45
AP	1,68	1,82	1,93	0,03	2,27	0,10	2,57	0,17
MA	29,49	8,01	28,05	6,01	26,84	5,84	25,88	2,75
MT	11,72	29,28	11,92	35,76	11,89	34,91	11,86	43,07
PA	29,15	35,62	29,27	27,00	29,41	36,56	29,48	31,07
RO	6,40	12,16	6,62	16,28	6,55	13,51	6,49	13,98
RR	1,21	1,09	1,39	0,76	1,54	1,39	1,67	1,13
TO	5,50	4,22	5,45	2,74	5,50	1,34	5,52	0,58
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do INPE e IPEADData.

Em 1990, os Estados do Maranhão, Mato Grosso, Pará e Rondônia contemplavam 76,76% da população residente na região e foram responsáveis por 85,07% do desflorestamento. Em 2000, a população nesses estados diminuiu, representando 74,69%, enquanto o desmatamento realizado por esse grupo de estados alcançou 90,82% da área de floresta. Esse aumento foi influenciado, em grande medida, pela expansão da atividade pecuária extensiva com baixo nível tecnológico e pelo aumento da área plantada de soja, nos estados.

### **2.2.3. Capital social**

O Capital Social está ligado às ações coletivas que estão estabelecidas em uma economia e que colaboram no aperfeiçoamento dos sistemas produtivos e de seus canais de distribuição, por incorporar formas de organização produtiva mais flexíveis e com elevado poder de sinergia, resultando em ganhos sociais para os participantes.

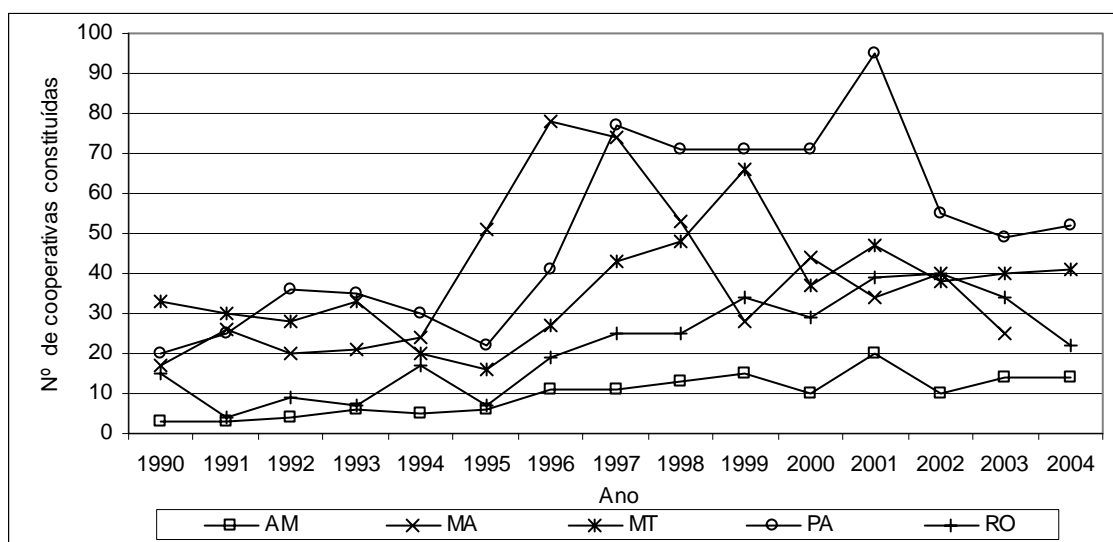
Segundo dados da Organização das Cooperativas Brasileiras – OCB (2007), em 2003, havia no Brasil 7.355 cooperativas singulares dos diversos ramos, com 5,7 milhões de cooperados, gerando cerca de 182 mil empregos diretos e indiretos. A participação do setor no PIB nacional é da ordem de 6,0%. O ramo da cooperativa com maior participação de cooperados no Brasil é o das cooperativas de consumo, com 33,3%, seguido pelas cooperativas de crédito, 24,9%, e as agropecuárias, com 16,3%.

Na Amazônia Legal, em 2003, existiam 955 cooperativas com 268 mil cooperados, cerca de 4,67% do total de cooperados no Brasil, enquanto nas regiões Sul e Sudeste, têm-se, conjuntamente, cerca de 86,0% dos cooperados filiados no país. Silva et al. (2003) apontam as cooperativas extrativas como as que mais se expandiram na região Norte no início do século XX, devido à elevação da demanda internacional de borracha. Porém, as dificuldades de escoamento do produto e a falta de políticas públicas voltadas para o setor, levaram à estagnação de grande parte delas. Com os grandes projetos implantados na região, nas décadas de 1970 e 1980, surgiram novos ramos ligados ao setor agropecuário, mineral, do trabalho, artesanato, mudas de plantas, óleos e essências.

O surgimento de novas cooperativas e associações na região decorrem, em parte, das ações do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), que incentivou a criação de cooperativas e associações como forma de organizar produtores rurais, micro, pequenos e médios empresários, capacitando-os e assessorando-os de forma a incorporar suas atividades ao mercado. Os programas desenvolvidos pelas entidades

representativas de trabalhadores e empregadores são importantes na formação e geração de competências necessárias à gestão e ao bom desempenho das atividades econômicas cooperadas. As organizações não-governamentais e demais entidades, empenhadas na preservação da floresta, da cultura indígena e da exploração sustentável dos recursos florestais têm papel importante no processo de conscientização de comunidades e associações, no que diz respeito à necessidade de preservação do meio ambiente, por um lado, e à exploração sustentável dos recursos naturais, para atender à crescente demanda por produtos elaborados com insumos retirados da floresta, por outro.

A constituição anual de cooperativas para os Estados do Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará e Rondônia é apresentada na Figura 8. A dinâmica de crescimento de novas cooperativas se eleva logo após o Plano Real, nos cinco estados, porém, a partir de 2000 o ritmo se reduz. Os Estados do Pará e do Mato Grosso apresentaram o maior número anual de cooperativas constituídas na segunda metade da década de 1990. Em 2003, esses estados tinham os maiores números de cooperativas, 196 e 232, respectivamente, e de cooperados, de 116.595 e 96.269, respectivamente.



Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do MDIC/DNRC.

Figura 8 – Número de cooperativas constituídas, Amazônia Legal, 1990-2004.

A constituição de novas cooperativas e, por conseguinte, o uso de práticas participativas e a cooperação inter-empresarial sinalizam para a adoção de formas coletivas de ação, pautadas na confiança mútua, diferente das formas tradicionais de produção e de organização das empresas, que vigoraram até a primeira metade da década de 1990, quando se tem a intensificação do processo de abertura comercial e a implementação das reformas estruturais. No entanto, a estratificação da forma de organização dos agentes produtivos na região induz ao questionamento sobre a qualidade da representação cívica, ou seja, da formação de uma estrutura representativa calcada nos pilares apresentados por Grootaert (1998): organização e compartilhamento das informações, coordenação das atividades e decisão coletiva de mercado.

Merece referência a existência de organizações movidas por interesses diversos, a exemplo de alguns setores mais organizados, como o de madeira e o setor mobiliário, que contam com a Associação das Indústrias Exportadoras de Madeira (AIMEX). Esse setor desenvolve projetos de reflorestamento e mantém convênios com a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), a Universidade do Estado do Pará (UEPA) e o Instituto de Ensino Superior da Amazônia (IESAM), com o objetivo de divulgar as práticas empresariais do setor – uma forma de estimular a realização de trabalhos acadêmicos de interesse do setor produtivo florestal.

O setor de plantas medicinais tem, em geral, forte relação com as Universidades e as instituições de pesquisa, que avaliam as propriedades e as potencialidades dos produtos da biodiversidade da Amazônia, uma vez que a atividade é altamente dependente dos resultados de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) realizados por instituições como: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Museu Paraense Emílio Goeldi (MPGE), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Universidade federal do Pará (UFPA) e UEPA. Segundo Enríquez et al. (2003), o Programa de Incubação de Empresas de Base Tecnológica (PIEBT) e o Programa Pobreza e Meio Ambiente na Amazônia (POEMA), ambos da UFPA, têm papel fundamental nos processos de formação de empresas de base tecnológica, como a indústria de oleaginosas e

produtos da Amazônia (BRASMAZON), que é a maior exportadora brasileira de óleos amazônicos *in natura*.

No ramo agroindustrial, cabe destacar o projeto agroindustrial para beneficiamento da polpa do açaí, desenvolvido no município de Igarapé Miri, resultante da parceria entre a prefeitura municipal, POEMA, BASA, sindicato de trabalhadores rurais, associações de produtores e comunidades rurais, que encontrou no produto açaí uma forma alternativa de desenvolvimento da comunidade local, de maneira sustentável.

No ramo de fruticultura cabe mencionar a Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu, cuja principal atividade é o processamento de frutas tropicais – considerada a principal produtora de polpa de frutas do Pará. Essa cooperativa possui 101 cooperados (todos de origem nipônica) e outros 2.500 miniprodutores que fornecem sua produção à organização e recebem assistência técnica, fitossanitária e de manejo do solo. Conta com um quadro de funcionários técnicos e administrativos e com equipamentos modernos de acondicionamento de seu produto e atende as demandas do mercado nacional e internacional, porém, não participa das discussões de caráter coletivo e de interesse da comunidade local (ENRÍQUEZ et al., 2003).

As práticas relatadas mostram que a melhor qualidade da representatividade e a formação de redes ligando os centros produtores de tecnologia aos agentes econômicos ocorrem com diversos graus de intensidade, que vão desde a completa ausência até níveis elevados, e, por conseguinte, associados ao fracasso ou sucesso dos empreendimentos.

Os resultados da pesquisa sobre a competitividade sistêmica das micro e pequenas empresas dos *clusters* agroindustriais de Café, Guaraná e Pupunha (CARVALHO, 2005) mostram o baixo nível de coesão inter-empresas, no sentido horizontal e vertical, e corroboram com as evidências encontradas por Santana (2005), no que tange à forma de organização em cooperativas e à grande parcela de participação em associações de classe e sindicatos de produtores. Em pesquisa sobre a organização e competitividade da indústria de móveis de madeira, no período de 1990-2001, realizada junto às empresas do ramo de

móveis de madeira ou de produtos conjugando madeira e outros materiais, localizadas nos municípios da região metropolitana de Belém e no município de Paragominas, organizada por Carvalho e Santana (2005), os resultados mostram que 50% das empresas participam de associações ou entidades setoriais e que 32% delas estão ligadas a cooperativas de produção e 4,3% aos consórcios e às cooperativas de vendas. Em relação ao porte das empresas que participam de cooperativas, 93,3% delas são microempresas. Os resultados dessa pesquisa mostram que alguns segmentos empresariais da região Norte apresentam boa articulação com outras instituições setoriais e que algumas das dimensões do capital social, apontadas por Putnam (2002), estão neles presentes, quais sejam: redes de relacionamento, regras de relacionamento e a confiança mútua dos participantes, o que proporciona a criação de um ambiente competitivo e a geração de vantagens competitivas, que possam sustentar a participação das empresas nos mercados, nos quais elas competem.

O estudo desenvolvido pela Ada (2004) para a elaboração de um portfólio de Arranjos Produtivos Locais (APL), a ser tomado como referência pelo Governo Federal para o planejamento do desenvolvimento regional da Amazônia, apresenta as várias características dos APL indicados de acordo com os resultados da consulta feita aos diferentes grupos de instituições participantes. Entre as características apresentadas encontram-se o capital social que, em termos gerais, apresenta fraco relacionamento com os órgãos governamentais, para a grande maioria dos APL, com exceção dos setores de piscicultura, aquíicultura, grãos (soja, milho e arroz), algodão, cana-de-açúcar, álcool, aves, suínos e fibras naturais.

Os resultados de pesquisas com enfoque no nível microeconômico identificam a presença de indivíduos representantes das organizações, não apenas de produção como de interesses de classe de produtores e empresas. Porém, os estudos de casos realizados por Santana (2002a e 2005), Gomes (2003) e Carvalho (2005) indicam que os meios e as formas de organização e os interesses são distintos. Porém, a prática do associativismo está presente, com maior ou menor grau de confiança; com ou sem a presença de redes de conexão e quando

elas existem, com alguma ou nenhuma intensidade. Diante desse quadro preliminar, cabe aprofundar as investigações para confirmar ou refutar a importância da organização, ou do Capital Social, para o crescimento e o desenvolvimento econômico da região amazônica.

#### **2.2.4. Capital físico**

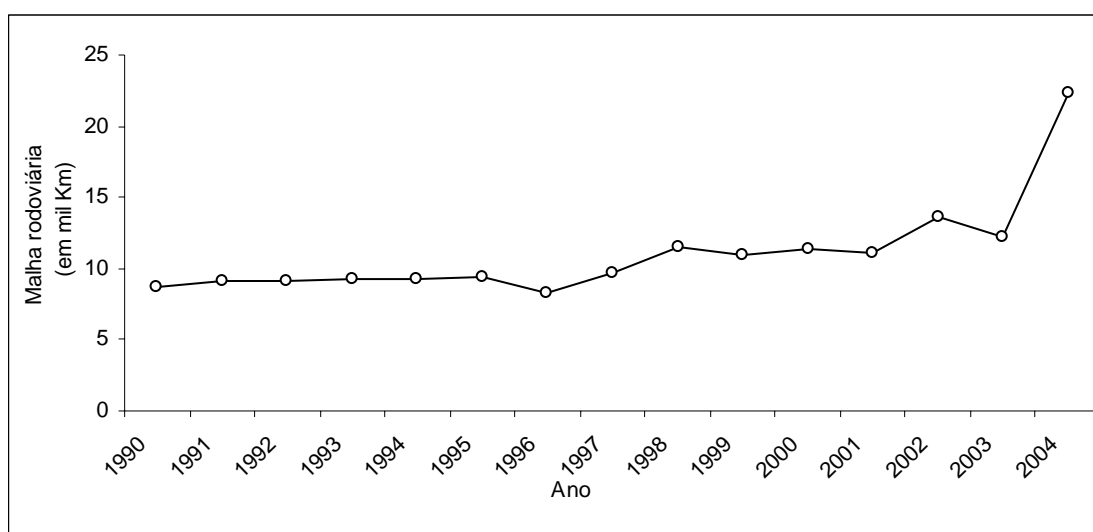
A dinâmica da infra-estrutura na região amazônica, no período compreendido entre os anos de 1990 até a metade da década de 2000, está pautada no conjunto de ações e programas estabelecidos nos Planos Plurianuais (PPA) – instrumento de planejamento produzido com base em informações georeferenciadas, elaboradas com base nos Eixos Nacionais de Integração e Desenvolvimento –, que levam em consideração fatores como: vocação econômica, necessidades de infra-estrutura, características ambientais, desafios sociais, oportunidade e crescimento. O PPA é elaborado para efetivar suas ações e programas em um período de quatro anos. O primeiro foi o do período 1996-1999.

Com a estabilidade econômica propiciada pelo Plano Real, elimina-se o efeito da oscilação desenfreada de preços sobre o ambiente econômico e garante-se a estabilidade necessária para o planejamento de longo prazo. Nessa nova concepção do planejamento governamental, cabe ao governo pesquisar, apontar direções e preparar o caminho para a iniciativa privada realizar os investimentos produtivos (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES, 2007). Essa visão do planejamento é bem diferente daquela adotada no Plano de Integração Nacional (PIN) e no Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), assimiladas nas décadas de 1960, 70 e 80, em que o Estado detinha o papel central no processo de desenvolvimento do país.

De acordo com a Figura 1C, do Apêndice, elaborada pelo BNDES, a região amazônica é cortada por quatro eixos de integração: Madeira-Amazonas, Arco Norte, Oeste e Araguaia-Tocantins. Os investimentos em infra-estrutura na região têm como objetivo estabelecer uma rede constituída de várias modalidades

de transporte (rodovias, hidrovias e ferrovias), possibilitando o escoamento dos produtos da cadeia de produção agropecuária, mineral e da ZFM, para o mercado internacional, via oceanos Pacífico e Atlântico, e Caribe. Com a implantação desses modais, espera-se alcançar a redução dos custos de transporte e a elevação da competitividade dos produtos da Amazônia e do Centro-Oeste do país.

A malha rodoviária da Amazônia Legal se manteve estagnada até a primeira metade dos anos de 1990 (Figura 9) e resulta dos investimentos realizados pelo Governo Federal, desde os anos de 1970, até a metade de 1980, quando houve a efetivação dos projetos do complexo mineral de Carajás, incluindo a construção da Hidroelétrica de Tucuruí, a abertura de rodovias e a implantação da ferrovia Carajás-Itaqui, no Maranhão, usados pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) para exportar o minério de ferro que é extraído no Pará.



Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do DNIT/dados retirados de Mendes (2005).

Figura 9 – Malha rodoviária pavimentada, em mil km, Amazônia Legal, 1990-2004.

A partir de 1997, a malha rodoviária da região volta a crescer de maneira acelerada, saindo de quase 10 mil km para próximo de 22 mil km de rodovias pavimentadas e em condições de uso, em 2004, com destaque para a rodovia BR-174, que liga Manaus à fronteira da Venezuela. De acordo com o relatório do Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão (BRASIL, 2007a), sobre a execução do PPA 1996-1999 e 2000-2003, a construção da rodovia propiciou a elevação das exportações da ZFM, passando de US\$ 114,5 milhões, em 1994, para US\$ 851,2 milhões, em 2001.

O processo de privatização da CVRD e a entrada de empresas multinacionais do setor de prospecção e exploração mineral contribuíram para a elevação da malha rodoviária pavimentada e não pavimentada, em função da necessidade de abertura de estradas para escoamento do minério. Vários projetos de extração de minérios foram implementados na região, desde meados de 1990, tais como: projeto Alunorte (US\$ 870 milhões); projeto Salobo (US\$ 1.520 milhões); projeto Níquel do Vermelho (US\$ 180 milhões); projeto Onça e Puma (US\$ 680 milhões) e projeto Mineração Bauxita de Paragominas (US\$ 960 milhões) (BLOGEOLOGIA, 2007). Cabe ressaltar que esses valores referem-se a investimentos previstos com a implantação e manutenção das plantas industriais, envolvendo gastos com infra-estrutura física<sup>2</sup>.

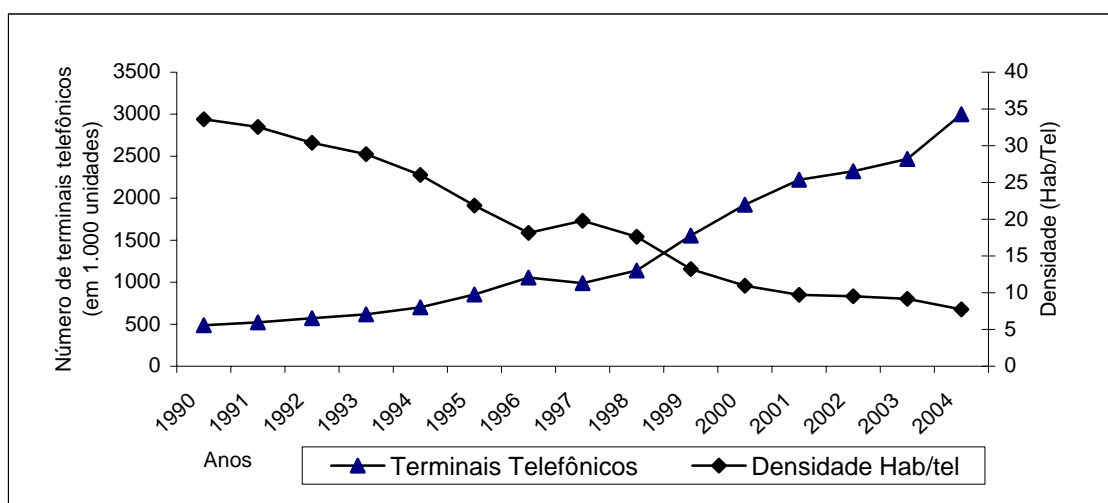
Empresas ligadas ao setor agropecuário também realizaram investimentos na manutenção de estradas vicinais e rodovias usadas para escoar sua produção, em especial as localizadas no Estado do Mato Grosso. Segundo estudo sobre a infra-estrutura física na Amazônia (ADA, 2006), em 2004, havia 268 mil km de estradas municipais, estaduais e federais na Amazônia Legal, representando 16,3% do total de estradas do país. Desse total, 22,3 mil km são pavimentados (8,3%) e 246,6 mil km são não-pavimentados (91,7%); além dos 52 mil km planejados para serem construídos nos próximos anos. Segundo o estudo, grande parte das estradas não pavimentadas é resultante do processo de extração ilegal de madeira e de outros recursos minerais. “A extensão dessas estradas, numa área de 546.000 km<sup>2</sup>, aumentou de 5.042 km, em 1990, para

---

<sup>2</sup> Os minerais extraídos nesses projetos são: bauxita, cobre, níquel e ouro.

20.769 km de extensão, em 2001, grande parte em áreas públicas, reservas e áreas indígenas” (ADA, 2006).

Em relação ao setor de telecomunicações, o número de terminais telefônicos fixos e públicos, cresceu 414,1% no período de 1990 a 2004. Segundo Brasil (2007a), o total de telefones celulares nos Estados do Pará, Amazonas e Mato Grosso, saíram de 15,7 mil unidades, em 1994, para 1.355,7 mil unidades, em 2002, um aumento de 8.535,03% (Figura 10). O ritmo de crescimento no número de terminais telefônicos ocorreu de forma expressiva, logo após o processo de privatização das empresas estatais de telefonia e resulta dos investimentos realizados na expansão desses serviços, principalmente, nas áreas rurais e periferias dos grandes centros urbanos. A densidade hab./tel., em 1990, foi de 33,6 e passou para 7,7, em 2004, observando que o quantitativo de terminais se refere aos telefones fixos e públicos.



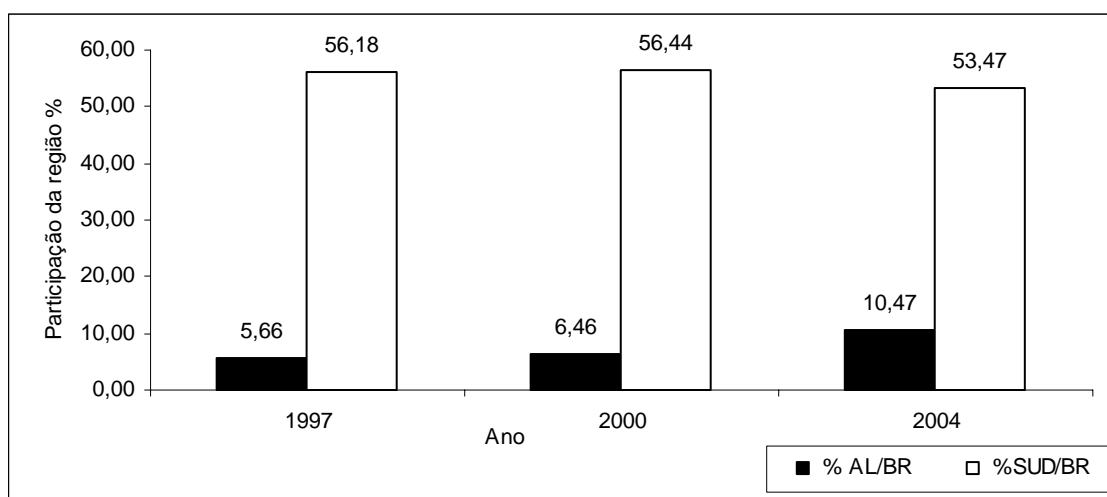
Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados retirados de Mendes (2005).

Figura 10 – Número de terminais telefônicos e densidade hab./tel., em mil unidades, Amazônia Legal, 1990-2004.

A ampliação dos serviços de telefonia foi importante para os agentes econômicos da região, pois estes passaram a ter acesso a um volume maior de informações sobre fornecedores, clientes, concorrentes, instituições públicas, indicadores de qualidade e indicadores econômicos, via fax e internet. O acesso a essas informações ajuda na tomada de decisão dos agentes e na redução de alguns custos de transação das empresas estabelecidas em áreas de difícil acesso e em áreas distantes dos principais centros urbanos da região.

Resultados da PNAD de 2004 mostram que 15,3% dos domicílios brasileiros possuem microcomputador. No entanto, nos Estados da Amazônia Legal, esse percentual fica abaixo da média e com nível similar aos observados para estados da região Nordeste. Na região Norte, esse percentual se refere apenas às áreas urbanas dos estados. As maiores participações são nos Estados do Acre (10,3%), Mato Grosso (10,2%), Rondônia (8,9%), Amazonas (8,8%), Roraima (8,6%). Os outros estados da região apresentam percentual abaixo de 7%.

Os desembolsos efetuados pelo BNDES (2007), mostram um aumento do valor alocado aos investimentos realizados nos estados da Amazônia Legal (Figura 11). Em 1997, o total de empréstimos foi de R\$ 1.013 milhões, representando 5,6% do volume total de empréstimos realizados no Brasil, naquele ano. No início dos anos 2000 essa participação se eleva, chegando a 10,4%, em 2004. O volume de recursos destinados à região Sudeste é quase dez vezes superior ao alocado à Amazônia Legal, em 1997, e cinco vezes, em 2004. Vale ressaltar que os valores se referem às linhas de crédito às empresas e aos estados e municípios. Os dados do BNDES mostram que os Estados do Pará e Mato Grosso foram os que receberam a maior parcela de recursos. Em 2004, do total de empréstimos realizados a região, 48,1% foram para o Mato Grosso e 27,3% para o Pará.



Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do BNDES.

Figura 11 – Desembolso anual do sistema BNDES, Amazônia Legal, 1997, 2000 e 2004.

Em relação à geração de energia elétrica, o Pará produz 68,8% da energia produzida na Amazônia, contando com três hidroelétricas em seu território (Curuá-Una, Coaraci Nunes e Tucuruí). Segundo diagnósticos setoriais da Ada (2006), existem seis hidroelétricas na região, sendo duas no Amazonas e uma em Rondônia. No entanto, ainda há significativa parcela da população que não é atendida pela eletrificação em seus domicílios. Segundo a Eletronorte (CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL – ELETRONORTE, 2007), na década de 1990, foram investidos R\$2,8 bilhões em linhas de transmissão, construção de subestações e manutenção.

Ademais, foram realizados investimentos em saneamento básico, habitação, transporte ferroviário, aeroviário e hidroviário, além dos recursos do Programa Nacional de Fortalecimento à Agricultura Familiar (PRONAF), para o financiamento da safra dos pequenos produtores, valores alocados para a extensão rural e os repassados aos municípios para serem investidos em infraestrutura e serviços municipais.

Diante do exposto, observa-se uma heterogeneidade em relação à dotação de infra-estrutura nos estados da Amazônia Legal. Na mesma região,

tem-se o Mato Grosso com os maiores índices de produtividade da soja no país, superior à média encontrada em países com regiões mais desenvolvidas<sup>3</sup>; o maior volume de obras de infra-estrutura ferroviária (R\$ 1,8 bilhões); o maior volume de crédito rural da região (1,2 bilhão, em 2002); e fundos setoriais de pesquisa agropecuária (um total de 14), que investiram R\$577,5 milhões em pesquisas, em 2002. Em condições diferentes daquelas observadas para o Mato Grosso, encontram-se estados, na região, em que a dotação de infra-estrutura não consegue proporcionar as externalidades necessárias ao seu desenvolvimento econômico do estado, como é o caso de Rondônia, Roraima Acre e Amapá.

### **2.2.5. Instrumentos de política regional: FINAM e FNO**

O Fundo de Investimento da Amazônia Legal (FINAM) e o Fundo Constitucional do Norte (FNO) são os dois principais instrumentos de política econômica usados pelo Governo Federal para subsidiar os investimentos econômicos realizados na Amazônia Legal e na região Norte. Além desses, outros programas foram implementados com recursos públicos, como é o caso dos investimentos realizados no Complexo Grande Carajás (CGC), envolvendo a construção da Hidroelétrica de Tucuruí e a linha de distribuição de energia elétrica para atender à demanda das fábricas Albrás e Alunorte – implantadas no município de Barcarena, que processam a bauxita extraída de Porto Trombetas; da construção do Porto de Vida do Conde, usado para viabilizar o escoamento da produção dos produtos processados no distrito industrial de Barcarena; e da construção da estrada de ferro Carajás-Porto de Itaquí, ligando o município de Parauapebas, no Pará, ao litoral do Maranhão, usado para exportar o minério de ferro extraído da Serra de Carajás. Todos esses investimentos foram financiados pelo Governo Federal, com recursos captados junto a organismos financeiros internacionais. O objetivo desses investimentos era o de alavancar a balança

---

<sup>3</sup> A produtividade da soja no Mato Grosso passou de 1,57 toneladas por hectare, em 1980, para 3,1 toneladas em 2003 (LONDON; KELLY, 2007).

comercial do país, a partir da exportação de minérios intensamente demandados por países Europeus e Asiáticos.

A partir da conjugação desses empreendimentos públicos com as linhas de financiamento do FNO e do FINAM, o Governo Federal ambicionava estimular a atividade produtiva da região, de tal maneira que as primeiras concessões de incentivos foram dadas às grandes empresas nacionais localizadas na região Sudeste. O objetivo central dessa estratégia era gerar uma dinâmica econômica interna capaz de ampliar os indicadores macroeconômicos de consumo, renda, emprego e balança comercial, além de criar um fluxo de recursos que se retro-alimentasse, com base na energia gerada pelas atividades produtivas da região, e possibilitasse a relação dessas atividades com o restante da economia nacional e internacional, de maneira a induzir a formação de uma poupança local capaz de estimular a ampliação do espectro de atividades econômicas desenvolvidas na Amazônia e, por conseguinte, reduzir a desigualdade socioeconômica inter-regional e com o restante do país.

A política de intervenção econômica na Amazônia, pelo Estado, é antiga e remonta ao período colonial, do século XVII. Nesse momento, os portugueses instalaram na Amazônia a Companhia Geral do Grão-Pará e Maranhão, com o objetivo de introduzir na região um modelo de produção de produtos agrícolas voltados para atender as demandas do mercado internacional, com destaque para produtos como cacau, café e cravo. No entanto, baixos níveis de produtividade e rentabilidade, resultante do baixo padrão tecnológico usado pelos produtores da região e dos imigrantes, além das características do solo e das condições climáticas fizeram com que a participação desses produtos na pauta de exportação da região fosse bem aquém da obtida pelos produtos advindos da produção extrativa, que representava 84% das exportações regionais (SANTOS, 1980; COSTA, 1992).

No século XX, tem-se uma nova estratégia de ocupação para a região amazônica com foco na produção agrícola e na dotação de infra-estrutura de rodovias, portos, ferrovias e geração de energia elétrica, como forma de integração da região com o restante das regiões brasileiras, e da ocupação de

áreas de fronteira com os países ligados ao Norte do país. Para tal, foram usados mecanismos de incentivos fiscais e outros benefícios, que o estado brasileiro disponibilizou aos grandes empresários nacionais como forma de atraí-los à região, com vistas a promover o desenvolvimento local. Os Planos de Desenvolvimento da Amazônia (PDA), I e II, foram os norteadores da ação do planejamento regional, que deveriam ter sido coordenados pela SUDAM, fato que não aconteceu em sua plenitude.

Em relação à distribuição setorial dos recursos do FINAM (Tabela 9) verifica-se que, em 1985, o setor agropecuário, com 424 projetos beneficiados, foi contemplado com 36,9% do total de benefícios concedidos. Segundo Costa (1992), esse setor recebeu recursos correspondentes a 62% do total de recursos disponibilizados em 1982, mostrando que dá-se prioridade à agropecuária em detrimento aos outros setores, diferentemente do observado em 1979, quando o setor agropecuário participava com 1,5% nos incentivos do FINAM.

Tabela 9 – Distribuição do número de projetos e participação, por setor, do total da liberação dos incentivos fiscais, Amazônia Legal, 1985, 1990 e 2000

Setor	1985		1990		2000	
	N.º projetos	% valor total	N.º projetos	% valor total	N.º projetos	% valor total
Agroindustrial	70	28,4	37	8,7	127	21,2
Agropecuário	424	36,9	266	19,8	123	18,0
Industrial	182	31,4	214	62,2	151	43,3
Serviços	17	3,3	25	9,4	20	17,5
Total	693	100,0	542	100,0	421	100,0

Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados da ADA.

Na década de 1990, observa-se uma alteração na distribuição desses recursos, quando o setor agropecuário reduz sua participação em termos de absorção dos recursos do FINAM, com participação de 19,8%, em 1990, e 18,0%, em 2000. A tendência de queda da participação desse setor também é observada pelo declínio do número de projetos beneficiados pelos incentivos fiscais.

No decorrer dos anos de 1990 destaca-se a elevação da participação dos setores da agroindústria, industrial e de serviços, com ênfase para os setores de alimentos e bebidas, minero-metalúrgico, eletroeletrônico e de serviços, como o de hospedagem e alojamento, e transporte urbano e intermunicipal.

A alteração da trajetória de alocação dos incentivos na região deve-se, em parte, aos estudos de avaliação da política de investimentos do FINAM, realizados em 1990 (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO AMAZONAS – SUDAM, 1990b) – tomando como ano base a situação dos projetos incentivados até o ano de 1985 – e à avaliação da política de incentivos fiscais ao desenvolvimento regional na área da Sudam (1998). Em síntese, tais avaliações apontaram para os seguintes aspectos importantes à época, caso houvesse o interesse do Governo Federal em reformular/reestruturar e de redefinir os critérios estabelecidos para a concessão de incentivos:

- não havia convergência de objetivos dos vários instrumentos de incentivos alocados à região, comprometendo a eficiência e eficácia dos incentivos do FINAM;
- o setor industrial da região tem impacto significativo na geração de empregos e está ligado, fortemente, a setores fornecedores de insumo localizados nas regiões mais desenvolvidas do país e no exterior, é mais integrado com o mercado exterior, com maior capacidade de alocação de recursos próprios para investimento, porém, tem baixo grau de absorção dos insumos regionais;
- os projetos agropecuários não foram capazes de promover impactos relevantes sobre a economia da região, devido, em parte, à baixa capacidade do setor em gerar empregos e incentivar a integração regional, e tem fraco poder de alocar recursos próprios no investimento, porém, com elevado grau de utilização de

insumos locais e com potencial de inserção em todos os mercados – local, nacional e internacional;

- o setor agroindustrial é apontado como setor com forte vinculação com mercados extra-regionais, porém os produtos vendidos pela região poderiam atingir grau mais elevado de processamento e agregação de valor caso houvesse maior ligação entre os vários elos da cadeia produtiva de produtos como frutas, carnes, óleos e outros;
- no setor de serviços, constata-se que o impacto direto no emprego foi muito baixo. No entanto, as avaliações apontam para o fato de que  $\frac{3}{4}$  dos insumos do setor são adquiridos na região.

Por fim, a avaliação de 1990 é taxativa em afirmar que o FINAM contribuiu para a concentração do capital e da propriedade privada na região. Segundo Costa (1992), na primeira fase do FINAM, até a década de 1970, os aquinhoados com os recursos aplicados no setor agropecuário foram os grandes empresários da região Sudeste do país. Já na primeira metade da década de 1980, os beneficiados foram as tradicionais oligarquias regionais, localizadas nas macrorregiões do Marajó, Salgado, Baixo Tocantins, Bragantina e Belém, no Estado do Pará.

A distribuição espacial dos recursos do FINAM, nos anos de 1985, 1990 e 2000 (Tabela 10) mostra a concentração física e financeira dos projetos concedidos nesses anos, nos estados do Amazonas, Pará e Mato Grosso. Vê-se que, enquanto no Amazonas há uma forte concentração em projetos industriais, devido à dinâmica econômica da ZFM, nos dois outros estados destacam-se os incentivos a projetos agropecuários e agroindustriais, que passaram a ser fortemente estimulados devido à significativa potência de seus efeitos multiplicadores sobre a cadeia produtiva dos subprodutos desses setores (SANTANA, 2002b; GUILHOTO; SESSO FILHO, 2005; CARVALHO, 2006). Cabe ressaltar, ainda, a ampliação dos recursos a projetos do setor de serviços (Lazer e Turismo) nesses estados, com destaque para o Amazonas e o Pará.

Tabela 10 – Distribuição do número de projetos e participação, por estado, do total da liberação dos incentivos fiscais, Amazônia Legal, 1985, 1990 e 2000

Setor	1985		1990		2000	
	N.º projetos	% valor total	N.º projetos	% valor total	N.º projetos	% valor total
AC	22	0,41	26	0,42	6	0,52
AM	67	15,0	51	12,64	31	8,77
AP	44	6,71	18	0,48	9	2,99
MA	48	2,85	40	1,57	40	14,29
MT	140	31,35	121	56,15	87	27,09
PA	297	38,19	213	23,34	163	27,35
RO	12	1,84	14	0,25	19	3,94
RR	13	0,68	19	1,31	3	0,03
TO	50	2,97	40	3,84	63	15,02
Total	693	100,00	542	100,00	421	100,00

Fonte: Sudam (1990a).

Em relação à situação dos projetos beneficiados com os recursos do FINAM, no período de 1991 até 1999 (SUDAM, 1999), 36,49% estavam implantados, 19,32% em implantação e 20,08% foram cancelados. A situação dos projetos aprovados pelo Conselho Deliberativo (CONDEL) da SUDAM, até a reunião n.º 267 de 13/07/99, mostrava que, em relação aos projetos aprovados nos decretos de Lei n.º 756/69 e 1.376/74 e os não-enquadrados, 245 projetos tinham sido cancelados pelos seguintes motivos: irregularidades diversas (150), caducidade (86), renúncia e atos de aprovação revogados (8). Ou seja, 61,2% dos projetos cancelados foram por irregularidades diversas. Em relação aos projetos novos e enquadrados após a Lei 8.167/91, tem-se que, dos 644 projetos antigos, enquadrados nessa nova lei, e projetos novos apenas 22 (3,46%) foram cancelados por irregularidades diversas.

Diante do baixo nível de eficiência técnica e operacional da SUDAM em gerir os recursos do FINAM, assim como dos poucos resultados econômicos e sociais obtidos pelas estratégias de planejamento que foram adotadas pelo

Governo Federal para esta instituição, em 2001 o governo deliberou pela extinção do órgão. Em 2003, o Governo Lula criou a Agência de Desenvolvimento da Amazônia (ADA), instituição atrelada ao Ministério da Integração, que passou a ser o órgão responsável pela formulação de estudos e propostas que subsidiam o novo Plano Amazônia Sustentável – PAS (BRASIL, 2006).

O FNO, criado pela Constituição Federal de 1988 (artigo 159, inciso I, alínea “c”) é formado pelo repasse de 0,6% sobre os 3% arrecadados em impostos sobre a renda e proventos de qualquer natureza, além da incidência sobre os produtos industrializados. O gestor financeiro dos recursos é o BASA, a quem compete o planejamento e a aplicação orçamentária, convergente com as ações estabelecidas pelo Ministério da Integração que, a partir de 1996, passaram a fazer parte do PPA.

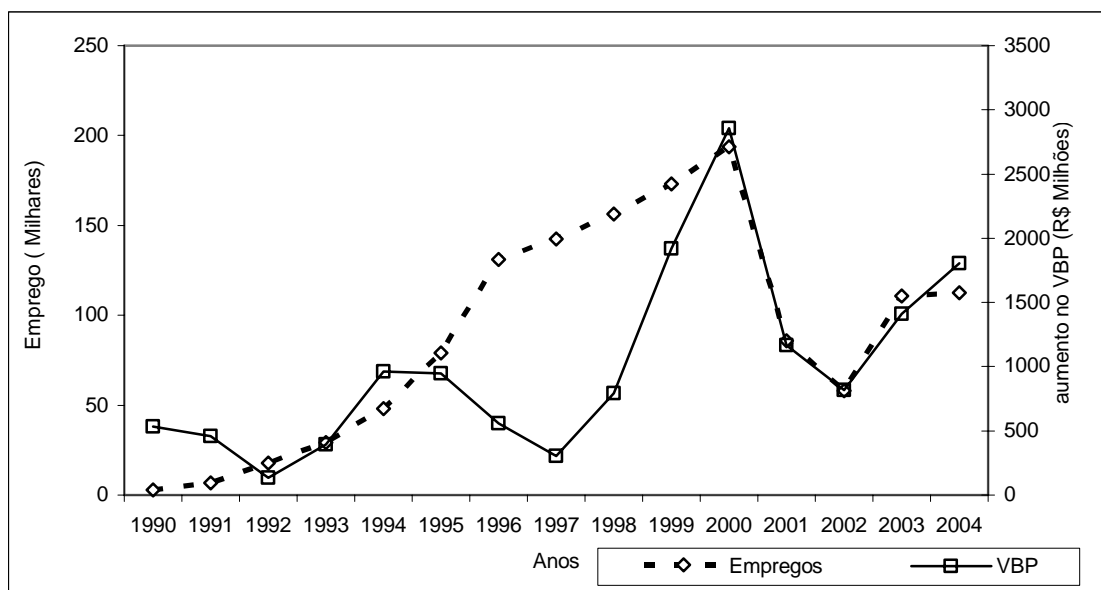
Entre os vários aspectos que diferenciam a gestão do FNO e do FINAM, cabe destacar a busca pelo aperfeiçoamento dos mecanismos de concessão e de controle dos projetos beneficiados, assim como o contínuo debate técnico dos gestores com os agentes econômicos locais, de forma a dimensionar a eficácia desses agentes e a eficiência do sistema de planejamento do gestor financeiro. Outro aspecto preponderante é a tomada de decisão do BASA, baseada em estudos técnico-científicos sobre os diversos setores econômicos da região Norte, o que contribui não só para a alocação dos recursos, como para a elaboração de mecanismos de controle gerencial mais sofisticados. Segundo Santana (2002a), a geração de excedentes econômicos na região será maior na medida em que a atividade tenha maior poder de influência intersetorial. Nesse sentido, os gestores do FNO passaram a alocar os recursos do fundo para aquelas atividades com maior efeito *linkage* (“dimensão dos encadeamentos para trás e para frente”) e os multiplicadores de produto, emprego e renda, obtidos dos estudos realizados sobre a Matriz de Insumo-Produto (MIP) e da Matriz de Contabilidade Social (MCS).

Atualmente, os beneficiários potenciais dos recursos do FNO são produtores e empresas, pessoas físicas e jurídicas, cooperativas de produção,

agricultores familiares atendidos pelos projetos de assentamento do INCRA, extrativistas, pescadores artesanais, desde que desenvolvam atividades produtivas nos setores agropecuário, mineral, industrial, agroindustrial, turismo e prestação de serviços.

O relatório das atividades desenvolvidas e dos resultados obtidos do FNO, em 2004 (BANCO DA AMAZÔNIA – BASA, 2004) mostra que, desde o início das operações do fundo, foram contratadas 223,5 mil operações. Destas, 93,4% relaciona-se ao setor rural, que absorveu cerca de 72,0% do total de R\$ 8.057,7 milhões. As mini e micro empresas foram as que efetuaram a maior quantidade de operações com o fundo; cerca de 90,0%, porém, com valores médios de operação em torno de R\$ 13,7 mil; as empresas de pequeno porte representaram 4,8% do total de operações, com média de R\$ 123,5 mil; as de médio porte participaram com 3,9% das operações do período e com operações que, em média, alcançaram R\$ 200,9 mil; enquanto as grandes empresas realizaram cerca de 1,54% das operações, com média de R\$ 616,9 mil. Há operações com cooperativas que representaram menos de 1%, com média de R\$ 346,0 mil. Essa distribuição mostra o nível de capilaridade do atendimento às atividades econômicas da região, visando atender todos os estratos de agentes econômicos, de acordo com as linhas de financiamento estabelecidas pelo planejamento regional, calcado em estudos técnico-científicos que indicam os setores econômicos com elevado índices de efeitos multiplicadores de emprego e renda.

A Figura 12 apresenta a evolução da mão-de-obra ocupada e do Valor Bruto da Produção (VBP) no período de 1990 a 2004, de acordo com a metodologia adotada pelo BASA, que leva em consideração a Matriz de Contabilidade Social (MCS), de 1996, e os coeficientes de emprego direto do FNO (BASA, 2004).



Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do BASA (2004).

Figura 12 – Mão-de-obra ocupada e aumento no Valor Bruto da Produção (VBP), região Norte, 1990-2004.

Observa-se uma tendência crescente na evolução do emprego até o ano de 2000, para em seguida inverter o sentido, agudamente, nos anos de 2001 e 2002, voltando a crescer posteriormente. Tem-se a maior concentração da mão-de-obra no setor agropecuário, o que mostra a importância da oferta de crédito aos mini, micro e pequenos empresários, contribuindo para a permanência da população rural no campo. Em seguida, nota-se o conjunto de pessoas ocupadas em atividades agroindustriais, indicando a intensidade dos efeitos multiplicadores de emprego das cadeias produtivas de produtos como a soja, algodão, frutas tropicais, carnes e aves, madeira e mobiliário e pesca artesanal. Os setores industrial e de serviços contribuem, em menor fração, no total de pessoas empregadas, porém, apresentam efeitos multiplicadores de número de empregos significativos para a região, uma vez que as atividades automobilística e de material elétrico estão entre as cinco atividades com maior efeito multiplicador de emprego, em 1996 (SANTANA, 2002a).

Em relação ao VBP, os valores gerados pelo setor rural são superiores aos valores gerados pelo setor industrial, na grande maioria dos anos, segundo o Basa (2004), e mostram a viabilidade e a rentabilidade obtidas pelas atividades rurais, que foram financiadas pelos recursos do FNO. Os resultados de Santana (2002a) apontam as principais atividades produtivas com multiplicadores de produto significativamente elevado, em 1996, foram: automobilístico, madeira, alimentos e bebidas, papel e celulose, agropecuário, indústrias diversas, editoração gráfica e material elétrico.

Os resultados positivos em relação à geração de emprego, à absorção da renda pelos produtores rurais e à geração do produto sugerem que o FNO apresenta maior eficiência técnica e operacional que o FINAM, como um dos instrumentos de política usados para alavancar a economia da Amazônia.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1. O modelo de Solow**

A motivação central nos estudos sobre as teorias do crescimento econômico tem sido a de explicar os determinantes das taxas de crescimento do produto real *per capita* entre países, assim como identificar quais as razões para essas diferenças.

O processo de acumulação do capital desempenha papel importante entre os fatores explicativos do crescimento. Tradicionalmente, a poupança e o investimento em capital físico como máquinas, edificações, material de transporte e infra-estrutura em geral eram tomados como os principais fatores do crescimento. Porém, o capital humano, ou seja, a acumulação de conhecimento de determinada sociedade, adquirida pelos anos de estudos, pelo treinamento profissional, acontecida em escolas técnicas e pela prática do “aprender fazendo”, tem atuado como importante fator, chegando, em alguns casos, a ser tomada como mais significativa que os fatores físicos. Outro fator preponderante para o crescimento é o progresso tecnológico, corporificado a partir do progresso científico e técnico, resultante das inovações tecnológicas surgidas com a revolução industrial, além das novas formas de organização da produção e dos arranjos institucionais, que colaboram para manter as taxas de crescimento, via

sustentabilidade da produtividade *per capita*. Dessa forma, pode-se afirmar que o interesse da teoria do crescimento econômico é o de avaliar o comportamento do bem-estar dos indivíduos ou famílias.

O trabalho seminal de Solow (1956) é um modelo de crescimento de longo prazo, que incorpora todas as suposições de Harrod-Domar, exceto a de proporções fixas. Nesse modelo, Solow admite a possibilidade de os avanços tecnológicos serem capazes de deslocar a função de produção. Solow (1957) mostra como vários fatores contribuíam para o crescimento e para a mensuração do avanço tecnológico.

No modelo apresentado por Solow (1956), a economia tende para um estado estacionário – onde todas as variáveis (estoque de capital, produto, consumo, investimento e poupança) assumem um valor constante no tempo, no qual apresenta crescimento equilibrado, ou seja, cresce de forma homogênea e com velocidade constante. Além disso, admite que o crescimento é nulo na ausência de avanço tecnológico.

O modelo de Solow, algumas vezes conhecido como modelo de Solow-Swan – desenvolvido por Solow e Swan, em 1956 –, foca sobre quatro variáveis: Produto Real ( $Y$ ), Capital ( $K$ ), Trabalho ( $L$ ) e a Eficácia do Trabalho ou Avanço Tecnológico ( $A$ ), também conhecida como Produtividade Total dos Fatores (PTF). Em determinado período, uma economia conta-se com alguma quantidade de Capital, de Trabalho e de Conhecimento Tecnológico, que combinam-se para produzir Produtos. A função de produção pode tomar a seguinte forma:

$$Y_t = F(K_t, A_t L_t). \quad (1)$$

Segundo Romer (1996), duas características da função de produção (1) devem ser notadas: primeiro, o tempo entra na função de forma indireta através de  $K$ ,  $L$  e  $A$ , e assim, o avanço tecnológico é captado no decorrer do tempo; segundo, a multiplicação de  $A$  e  $L$ ,  $AL$  é referida como eficácia do trabalho, e o progresso tecnológico que entra dessa forma, aumenta apenas a produtividade do

trabalho e é conhecido como Harrod-neutra. Assume-se que o trabalho vai aumentar, não em termos quantitativos, mas em termos qualitativos, ou seja, ficará mais eficiente.

As suposições sobre a função de produção (1) são as seguintes:

- S1 – Retornos constantes à escala, demonstrando a multiplicação de cada um dos fatores produtivos por um múltiplo  $\lambda$ ; o produto também é multiplicado pelo mesmo fator:

$$\lambda Y = F(\lambda K, \lambda L) = \lambda F(K, L), \text{ para todo } \lambda \geq 0,$$

esta propriedade implica que a equação (1) pode ser escrita na forma intensiva, bastando, para tal, tomar  $\lambda = 1/AL$ . Assim,

$$y = \frac{Y}{AL} = F\left(\frac{K}{AL}, 1\right) = f(k),$$

em que  $y$  é o produto por unidade de trabalho eficaz e  $k = K/AL$  é a quantidade de capital por unidade efetiva de trabalho. Dessa maneira, a função (1) pode ser reescrita na forma intensiva:

$$y = f(k) \tag{2}$$

- S2 –  $f(0) = 0$ , isto mostra que a quantidade nula de qualquer dos fatores implica em produto zero, de forma que o desenho da função de produção parte sempre de zero.
- S3 – O produto marginal do capital (e do trabalho),  $f'(k)$ , é positivo para todos os níveis da relação capital-trabalho, significando que a economia é produtiva.

$$PMg_k = \frac{\partial Y}{\partial K} > 0 \text{ e } PMg_L = \frac{\partial Y}{\partial L} > 0$$

- S4 – O produto marginal do capital (e do trabalho) diminui quando o capital por trabalhador aumenta, ou seja, segue a lei dos rendimentos marginais decrescentes, tal que:

$$PMg_k > 0 \Leftrightarrow \frac{\partial Y}{\partial K} > 0 ; \frac{\partial PMg_k}{\partial K} < 0 \Leftrightarrow \frac{\partial^2 Y}{\partial K^2} < 0$$

$$PMg_L > 0 \Leftrightarrow \frac{\partial Y}{\partial L} > 0 ; \frac{\partial PMg_L}{\partial L} < 0 \Leftrightarrow \frac{\partial^2 Y}{\partial L^2} < 0$$

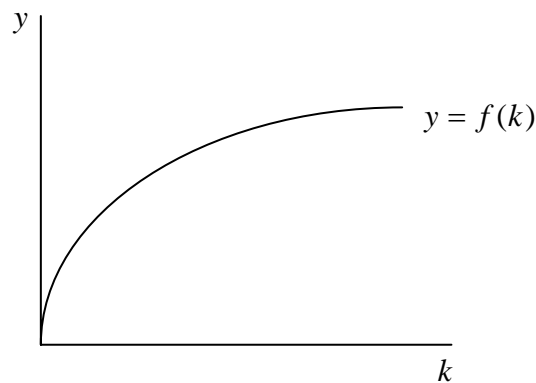
- S5 – Conforme  $k$  tende para infinito, o produto marginal do capital tende para zero, isto é:

$$\lim_{K \rightarrow \infty} f'(k) = 0.$$

- S6 – Conforme  $k$  tende para zero, o produto marginal do capital tende para o infinito, isto é:

$$\lim_{K \rightarrow 0} f'(k) = \infty.$$

As suposições 5 e 6 são conhecidas como condições de Inada. Uma função de produção satisfazendo as suposições 3 e 4 e as condições de Inada é mostrada na Figura 13.



Fonte: Retirada de Jones (2000).

Figura 13 – Função de produção na forma intensiva.

Para completar a descrição do modelo, é necessário destacar como o estoque de capital, trabalho e conhecimento variam no decorrer do tempo. As variáveis são definidas para todos os pontos no tempo, isto é, são tomadas como variáveis contínuas.

No modelo de Solow os níveis iniciais de Capital, Trabalho e Conhecimento são dados, e, Trabalho e Capital crescem a taxas constantes:

$$\dot{L}_t = nL_t, \quad (3)$$

$$\dot{A}_t = gA_t, \quad (4)$$

em que  $n$  e  $g$  são parâmetros exógenos e o ponto sobre a variável denota a variação com respeito ao tempo ( $\dot{L} = dL/dt$ ). As equações (3) e (4) implicam que  $L$  e  $A$  crescem exponencialmente<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> O crescimento exponencial pode ser expresso por  $L(t) = L(0).e^{nt}$ . Tirando-se os logaritmos, têm-se:  $\ln(L(t)) = \ln(L(0)) + nt$  e derivando em função do tempo,  $\frac{d(\ln(L(t)))}{dt} \cdot \frac{1}{L(t)} = n \Rightarrow \dot{L} = n.L(t)$ .

No modelo, o produto real é dividido entre consumo e investimento. A fração do produto alocada para o investimento ( $s$ ) é exógena e constante. Uma unidade de produto alocada para o investimento renderá uma unidade de novo capital. Ademais, é preciso considerar a depreciação do capital que ocorre a uma taxa  $\delta$ . A variação do capital é dada pela equação (5):

$$\dot{K}_t = sY_t - \delta K_t \quad (5)$$

Segundo Romer (1996), embora nenhuma restrição seja feita sobre  $n$ ,  $g$  e  $\delta$  individualmente, a soma deles é assumida como sendo positiva.

Em síntese, o modelo de Solow é simplificado para representar a seguinte situação de um ambiente econômico: tem-se apenas um bem na economia; o governo está ausente; as flutuações no nível de emprego são ignoradas; a produção é descrita por uma função de produção com exatamente três insumos; as taxas de poupança, depreciação, crescimento populacional e progresso tecnológico são constantes.

Feita a descrição completa do modelo, passa-se a apresentar a dinâmica do mesmo. Como o trabalho e a tecnologia apresentam taxas de crescimento definidas exogenamente, resta analisar o comportamento do capital. Para avaliar a dinâmica do modelo, é conveniente focar sobre o estoque de capital por unidade de trabalho efetivo.

Como  $k = K/AL$ , para encontrar a variação de  $k$  no tempo basta aplicar a regra da cadeia para encontrar,

$$\begin{aligned} \dot{k} &= \frac{\frac{dK}{dt} \cdot AL - \left[ \frac{dA}{dt} \cdot L + \frac{dL}{dt} \cdot A \right] \cdot K}{(AL)^2} = \frac{\dot{K}}{AL} - \frac{\dot{A}LK}{(AL)^2} - \frac{\dot{L}AK}{(AL)^2} = \frac{\dot{K}}{AL} - \frac{\dot{A}}{A} \cdot \frac{K}{AL} - \frac{\dot{L}}{L} \cdot \frac{K}{AL} = \\ &= \frac{\dot{K}}{AL} - \frac{\dot{A}}{A} \cdot k - \frac{\dot{L}}{L} \cdot k \end{aligned}$$

como  $\dot{K} = sY - \delta K$ , tem-se:

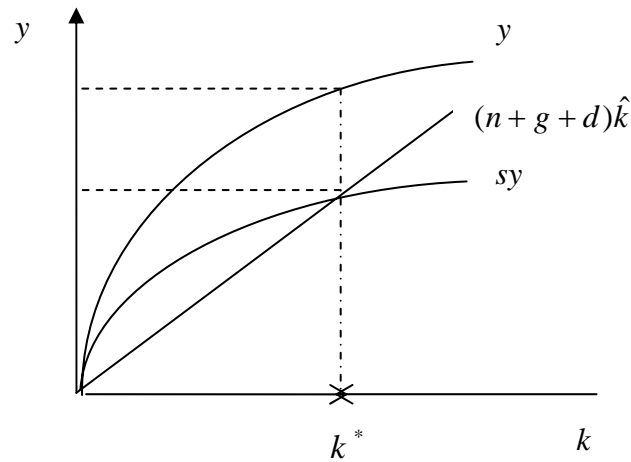
$$\dot{k} = \frac{sY - \delta K}{AL} - \frac{\dot{A}}{A} \cdot k - \frac{L}{L} \cdot k = s \frac{Y}{AL} - \delta \frac{K}{AL} - \frac{\dot{A}}{A} \cdot k - \frac{L}{L} \cdot k = s \frac{Y}{AL} - (n + g + \delta)k,$$

como  $\frac{Y}{AL} = f(k)$ , tem-se:

$$\dot{k} = sf(k) - (n + g + \delta)k. \quad (6)$$

A equação (6) tem papel central no modelo desenvolvido por Solow (1956), pois estipula que a taxa de variação do estoque de capital por unidade efetiva de trabalho é a diferença entre os dois termos da equação. O primeiro é o investimento atual por unidade de trabalho efetivo; e o segundo termo representa o novo investimento por unidade de trabalho efetivo, necessário para manter constante o montante de capital por trabalhador.

A Figura 14 mostra que, se o estoque de capital por unidade efetiva de trabalho estiver abaixo (acima) do nível estado estacionário  $k^*$ , o estoque aumentará (diminuirá) ao longo do tempo, uma vez que o montante de investimento é superior (inferior) às necessidades de formação de capital, então, a economia converge para a situação de equilíbrio.



Fonte: Retirada de Jones (2000).

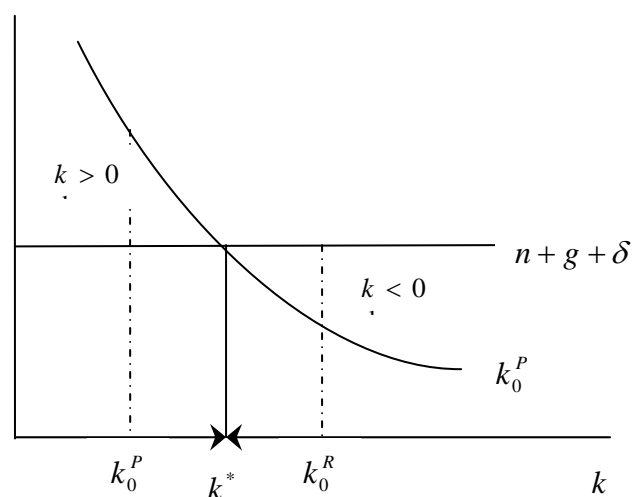
Figura 14 – Função de produção na forma intensiva com progresso tecnológico.

O impacto resultante de um aumento em cada um dos parâmetros  $n$ ,  $g$  e  $\delta$  apresenta trajetórias distintas, partindo-se de um nível de estado estacionário inicial. Caso haja um aumento no nível de poupança (investimento), tem-se um deslocamento da curva  $sy$  para cima, resultando em um nível de Capital-Trabalho efetivo superior ao inicial, de maneira que o trabalhador passa a ser equipado com uma maior quantidade de capital, o que resulta na elevação de sua produtividade média, ou rendimento *per capita*. O Produto-Trabalhador ficará acima do obtido no nível inicial. Alcançando o novo nível de estado estacionário, a economia volta a crescer a uma taxa  $(n + g + \delta)$ .

Em suma, mudança na taxa de poupança tem um efeito de nível, mas não um crescimento efetivo: ela muda a trajetória do crescimento balanceado da economia, mas não afeta a taxa de crescimento do produto por trabalhador sobre a trajetória de crescimento balanceado. Na verdade, no modelo de Solow, apenas mudanças na taxa do progresso tecnológico têm efeito sobre o crescimento, e todas as outras mudanças têm apenas efeitos de nível (ROMER, 1996).

A Figura 15 representa a dinâmica do crescimento do estoque de Capital-Trabalho efetivo representado pela equação (6), em que o primeiro termo do lado

direito da equação (investimento) é decrescente, enquanto o segundo é constante. Dessa maneira, se  $k$  está à esquerda do nível do estado estacionário  $k^*$ , tem-se uma elevação da acumulação de Capital-Trabalho Efetivo e vice-versa.



Fonte: Retirada de Jones (2000).

Figura 15 – Gráfico de Solow e a função de produção na forma intensiva com progresso tecnológico.

Segundo Mateus (2007), comparando-se dois países com relação ao nível de estoque de capital-trabalho efetivo, um pobre com  $k_0^P$ , significativamente inferior ao  $k_0^R$  de um país rico, o modelo de Solow indica que o país pobre (como  $s$  é a mesma) tem maior  $k$  que a do país rico e a sua produtividade marginal do capital é superior. No entanto, se todos os parâmetros forem os mesmos em ambos os países, as economias do país rico e do pobre convergem para o ponto de equilíbrio  $k^*$ .

O modelo de Solow (1956) admite dois tipos de crescimento: o transitório, que ocorre na ausência de progresso tecnológico e converge para um novo equilíbrio; e o continuado, que ocorre na presença de progresso tecnológico. Neste caso, o crescimento é continuado, tanto para o produto por

trabalhador, quanto para o estoque de capital por trabalhador, e ambos a uma taxa igual à taxa de crescimento do progresso tecnológico.

No longo prazo, o efeito de um aumento na poupança sobre o produto é dado por

$$\frac{\partial y^*}{\partial s} = f'(k^*) \frac{\partial k^*(s, n, g, \delta)}{\partial s}, \quad (7)$$

em que  $y^* = f(k^*)$  é o nível de produto por unidade de trabalho efetivo sobre a trajetória de crescimento balanceado. Para encontrar  $\partial y^*/\partial s$  é necessário encontrar inicialmente  $\partial k^*/\partial s$ . Para isso, é importante lembrar que  $k^*$  é definido pela condição de  $\dot{k} = 0$ , de tal forma que  $\dot{k}$  satisfaça a:

$$sf'(k^*(s, n, g, \delta)) = (n + g + \delta)k^*(s, n, g, \delta). \quad (8)$$

Derivando ambos os lados da equação (8) em relação a  $s$ , tem-se:

$$sf'(k^*) \frac{\partial k^*}{\partial s} + f(k^*) = (n + g + \delta) \frac{\partial k^*}{\partial s}. \quad (9)$$

Rearranjando-a, obtém-se:

$$\frac{\partial k^*}{\partial s} = \frac{f(k^*)}{(n + g + \delta) - sf'(k^*)}.$$

Substituindo a equação (9) em (7), tem-se:

$$\frac{\partial y^*}{\partial s} = \frac{f'(k^*)f(k^*)}{(n + g + \delta) - sf'(k^*)}. \quad (10)$$

Se ambos os lados da equação (10) forem multiplicados por  $s/y^*$ , o membro esquerdo da equação (10) expressa a elasticidade, enquanto por meio do membro, o da direita, usando-se a equação (8), chega-se a:

$$\begin{aligned} \frac{\partial y^*}{\partial s} \frac{s}{y^*} &= \frac{s}{f(k^*)} \frac{f'(k^*)f(k^*)}{(n+g+\delta) - sf'(k^*)} \\ &= \frac{(n+g+\delta)k^* f'(k^*)}{f(k^*)[(n+g+\delta) - (n+g+\delta)k^* f'(k^*)/f(k^*)]} \\ &= \frac{k^* f'(k^*)/f(k^*)}{1 - [k^* f'(k^*)/f(k^*)]}. \end{aligned} \quad (11)$$

$k^* f'(k^*)/f(k^*)$  é a elasticidade do produto com respeito ao capital, denotada por  $\alpha_k(k^*)$ . A equação (1) pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\frac{s}{y^*} \frac{\partial y^*}{\partial s} = \frac{\alpha_k(k^*)}{1 - \sigma_k(k^*)}.$$

### 3.2. O modelo de Solow ampliado

Mankiw et al. (1992) desenvolveram a reconstrução do modelo de Solow (1956), com o acréscimo do capital humano, assumindo que os diferentes níveis de instrução e qualificação da mão-de-obra dos países são fatores determinantes para explicar o comportamento das taxas de crescimento econômico de diferentes países.

No modelo de crescimento empírico desenvolvido por Mankiw et al. (MRW), a tecnologia é representada por uma função de produção, em geral, uma Cobb-Douglas:

$$Y_t = K_t^\alpha H_t^\beta (A_t L_t)^{1-\alpha-\beta}, \quad (12)$$

em que  $Y$  é o produto real,  $K$  é o estoque de capital,  $H$  é a mensuração da escolaridade,  $L$  é a força de trabalho e  $A$  é o nível de produtividade. Os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  são não-negativos e a sua soma é menor que 1. Dividindo ambos os lados da equação (12) por  $AL$  - quantidade efetiva de trabalho – e após algumas operações algébricas:

$$\hat{y} = (\hat{k})^\alpha (\hat{h})^\beta .$$

A suposição é que as famílias investem uma fração fixa da renda em capital físico ( $s_k$ ), de acordo com o modelo original de Solow, e em capital humano ( $s_h$ ). Apresenta, além disso, uma taxa de depreciação do capital físico ( $d$ ), de tal forma que a taxa de crescimento do capital físico é dada por:

$$\dot{\hat{k}} = s_k [(\hat{k})^\alpha (\hat{h})^\beta] - (n + g + d)\hat{k} ,$$

e a taxa de crescimento do capital humano é obtida por:

$$\dot{\hat{h}} = s_h [(\hat{k})^\alpha (\hat{h})^\beta] - (n + g + d)\hat{h} .$$

Segundo Rodrigues (2004), o modelo MRW tem um excelente desempenho empírico, pois explica cerca de 80% da variação do rendimento entre os países e proporciona uma resposta robusta para o questionamento sobre o porquê de alguns países serem tão pobres e outros tão ricos. Mankiw et al. (1992, p. 433) concluem que “o modelo de Solow é consistente com as diferenças internacionais ao tomarmos em consideração a importância do capital humano, assim como a do capital físico”.

### 3.3. O resíduo de Solow

Como visto nas seções anteriores, no modelo de Solow (1956), a taxa de crescimento de longo prazo é condicionada pelo nível de produtividade de uma economia, ou seja, pelo desempenho de longo prazo. A questão que não ficou clara, neste importante trabalho de Solow, foi a de como mensurar a contribuição do progresso tecnológico. Ele discute o problema apresentando o resíduo da função de produção como a medida mais adequada para representar a participação do progresso tecnológico na variação do produto.

Dessa forma, caso sejam conhecidos o montante do estoque de capital, da mão-de-obra ocupada e do produto, é possível encontrar o nível de tecnologia usando a função de produção. Esse nível tecnológico é chamado de Produtividade Total dos Fatores (PTF).

Considere a função de produção  $Y_t = F(K_t, A_t L_t)$ . Diferenciando-a em função do tempo, tem-se:

$$\frac{dY}{dt} = \frac{\partial Y}{\partial K} \frac{dK}{dt} + \frac{\partial Y}{\partial AL} \frac{\partial AL}{\partial L} \frac{dL}{dt} + \frac{\partial Y}{\partial AL} \frac{\partial AL}{\partial A} \frac{dA}{dt} = \frac{\partial Y}{\partial K} \frac{dK}{dt} + \frac{\partial Y}{\partial AL} A \dot{L} + \frac{\partial Y}{\partial AL} L \dot{A} \quad (13)$$

Fazendo  $\frac{\partial Y}{\partial L} = \frac{\partial Y}{\partial AL} A$  e  $\frac{\partial Y}{\partial A} = \frac{\partial Y}{\partial AL} L$ , a equação (13) transforma-se em

$$\dot{Y} = \frac{\partial Y}{\partial K} \dot{K} + \frac{\partial Y}{\partial L} \dot{L} + \frac{\partial Y}{\partial A} \dot{A}, \text{ dividindo ambos os lados por } Y, \text{ tem-se}$$

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\partial Y}{\partial K} \frac{\dot{K}}{Y} + \frac{\partial Y}{\partial L} \frac{\dot{L}}{Y} + \frac{\partial Y}{\partial A} \frac{\dot{A}}{Y}, \text{ que pode ser melhorada por}$$

$$\begin{aligned} \frac{\dot{Y}}{Y} &= \frac{\partial Y}{\partial K} \frac{\dot{K}}{K} \frac{K}{Y} + \frac{\partial Y}{\partial L} \frac{\dot{L}}{L} \frac{L}{Y} + \frac{\partial Y}{\partial A} \frac{\dot{A}}{A} \frac{A}{Y} \\ &= \alpha_k \frac{\dot{K}}{K} + \alpha_L \frac{\dot{L}}{L} + R \end{aligned} \quad (14)$$

em que  $\alpha_k$  é a elasticidade do produto com respeito ao capital;  $\alpha_L$  é a elasticidade do produto em relação ao trabalho e  $R \equiv [\partial Y / \partial A][A / Y][\dot{A} / A]$ . Subtraindo ambos os lados da equação (14) por  $\dot{L} / L$  e usando o fato que  $\alpha_k + \alpha_L = 1$ , encontra-se a expressão para a taxa de crescimento do produto por trabalhador:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{L}}{L} = \alpha_k \left[ \frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{L}}{L} \right] + R. \quad (15)$$

A equação (15) provê uma maneira de decompor o crescimento do produto por trabalhador em uma contribuição do crescimento do capital por trabalhador e um termo restante – o resíduo de Solow.

Com base em uma função de produção tipo Cobb-Douglas, descrita da forma como segue:

$$Y_t = A_t K_t^\beta L_t^{1-\beta}.$$

O progresso tecnológico  $A_t$  é dado por:

$$A_t = \frac{Y_t}{K_t^\beta L_t^{1-\beta}},$$

que tomado em logaritmo, tem-se:

$$\ln A_t = \ln Y_t - \beta \ln K_t - (1 - \beta) \ln L_t$$

O resíduo de Solow pode ser entendido, também, como um componente da contabilidade do crescimento, que estuda a contribuição dos diferentes fatores para o crescimento econômico, indicando que o crescimento do produto resulta,

essencialmente, do crescimento do estoque de capital, da força de trabalho e da produtividade total dos fatores.

A partir de 1980, a teoria do crescimento estende sua análise tradicional e incorpora, de forma endógena, as taxas de mudança tecnológica e, ou, a taxa de crescimento populacional. A questão central nos modelos de crescimento endógeno é que, com a inclusão do progresso tecnológico na função de produção, esta passa a ter rendimentos crescentes na escala. Com rendimentos crescentes, mudanças na taxa de poupança podem ter efeitos permanentes sobre a taxa de crescimento de equilíbrio de longo prazo, divergindo dos efeitos observados no modelo neoclássico.

O modelo de crescimento endógeno tipo *spillover* trabalha com a hipótese do efeito difusor, que eleva a produtividade das empresas, nas quais a intensidade do efeito seria capaz de manter o crescimento endógeno. O efeito *spillover* poderia ser resultante de diferentes tipos de investimento em capital físico, capital humano e P&D.

Os modelos formulados por Romer (1986) sobre o crescimento gerado pela aprendizagem e pela experiência, e por Lucas (1988), sobre o crescimento gerado pela qualificação dos recursos humanos e do crescimento gerado pelos investimentos, fazem parte dos modelos tipo *spillover*. A lógica do modelo de Romer (1986) é a de que os investimentos em capital físico teriam um efeito que se propagaria pelo nível de tecnologia do sistema, devido ao fato da sua utilização contribuir para o aprendizado dos trabalhadores, gerando conhecimento e contribuindo para elevar a competitividade das empresas e do conjunto da economia local ou regional. No modelo de Lucas (1988), assume-se que os investimentos provocam um efeito que se propaga pelo nível tecnológico da economia, ou seja, que ocorre um aumento da tecnologia disponível resultante da elevação das taxas de produtividade das empresas.

Existem, também, os modelos neo-schumpeterianos, baseados na introdução de inovações no processo produtivo. Essa abordagem leva ao reconhecimento de que a receita gerada pelas vendas da produção proporciona lucros extraordinários, os quais podem ser utilizados em investimentos de P&D

com o objetivo de ampliar o conhecimento técnico, de gerar economias externas e de promover processos de crescimento endógeno.

Assumindo-se a hipótese de economias externas de escala como uma hipótese necessária para explicar os processos de industrialização e o crescimento econômico, tem-se que as taxas de crescimento de cidades e regiões seriam devidas à diferença existente, não apenas nos estoques de capital/trabalho, como também nos níveis de educação, na capacidade de geração de P&D e no progresso econômico gerado pelas empresas e pela administração pública (BARQUEIRO, 2001). No entanto, o exame dos modelos de base endógena está fora do contexto deste trabalho.

## **4. REVISÃO DA LITERATURA**

A literatura do crescimento econômico apresenta um número expressivo de estudos que avaliam a relação linear entre o produto real, ou a PTF, o nível de escolaridade de uma nação e os gastos com infra-estrutura ou formação de capital fixo. Outros trabalhos atentam para o efeito resultante do nível de cooperação entre os agentes econômicos como um fator representativo do capital social. Há investigações empíricas interessadas em avaliar o impacto dos indicadores de poluição e de uso dos recursos naturais. Já os estudos econométricos sobre a relação entre as políticas de incentivo fiscal e o crescimento econômico são mais limitados, porém alguns trabalhos discutem o impacto dessas políticas com ênfase no nível microeconômico.

O objetivo da presente seção é mostrar algumas evidências encontradas para as relações, os procedimentos metodológicos e as limitações observadas nos trabalhos econométricos desenvolvidos com base em regressões lineares.

### **4.1. Escolaridade e crescimento econômico**

A discussão sobre a importância da educação como variável de destaque para ampliar as habilidades dos trabalhadores e elevar sua produtividade remonta a Adam Smith (2003), muito embora este autor não tenha explicitado a forma

como se dá essa relação. A importância do investimento em capital humano como forma de desenvolver as habilidades das pessoas foi discutida também nos trabalhos de Thünen et al. (*apud* NAKABASHI, 2005).

Na década de 1960, importantes estudos foram realizados com o objetivo de avaliar a relação entre o desenvolvimento dos recursos humanos e o crescimento econômico, com destaque para as investigações conduzidas por Shultz et al. (*apud* RODRIGUES, 2004), que deram elevada importância ao capital humano em suas análises.

Para Nelson e Phelps (1966), um elevado estoque de capital humano contribui para que o país absorva novos produtos ou idéias que tenham sido descobertas. Assim, um país com maior capital humano tende a crescer mais, pois absorve rapidamente a nova tecnologia.

A nova teoria do crescimento econômico, ou teoria do crescimento endógeno, afirma que existem forças internas ao sistema econômico de regiões, países e estados que impedem a queda do produto marginal do capital à medida que os países elevam seus investimentos e geram externalidades. Os precursores dessa nova teoria foram Romer (1986) e Lucas (1988), que apontaram as externalidades nos gastos com Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e na formação de capital humano (anos de educação) como as prováveis fontes de crescimento de um país e das diferenças econômicas entre eles. Essa mudança de foco é bem expressa por Lucas (1993, p. 270):

The main engine of growth is the accumulation of human capital – of knowledge – and the main source of differences in living standards among nations is differences in human capital. Physical capital accumulation plays an essential but decidedly subsidiary role. Human capital takes place in schools, in research organizations, and in the course of producing goods and engaging in trade.

Becker et al. (1990) afirmaram que o investimento em capital humano é o fator chave para o crescimento econômico e que as várias formas de investimento nesse fator incluem escolaridade, estágio, treinamento empresarial, seguro saúde e acesso a informações sobre o sistema econômico. Esses autores encontram evidências substanciais, indicando que os países crescem mais rapidamente quando educação e outras oportunidades são mais abundantes.

A concepção de um modelo matemático para avaliar a relação entre a escolaridade e experiência e o rendimento do trabalhador foi apresentada por Mincer (1981) e ficou conhecida na literatura como Função Minceriana de Rendimentos do Capital Humano. Segundo Rodrigues (2004), os estudos empíricos na área da microeconomia mostram claros indícios de elevados retornos ao investimento em Capital Humano.

De acordo com Barro (1991), o crescimento econômico de uma nação depende, tanto do Capital Físico, quanto do Capital Humano. O primeiro, na forma de investimentos em edificações, equipamentos, terrenos, estradas, entre outros; o segundo, através do investimento em educação, treinamento e na melhoria da condição de saúde dos indivíduos, o que possibilita elevar o nível de produtividade da força de trabalho.

Em nível mundial, existe uma substancial gama de estudos empíricos evidenciando que a acumulação de capital humano constitui um importante determinante do crescimento econômico. Barro (1991), em um estudo para 98 países, no período de 1960 a 1985, concluiu que a taxa de crescimento do produto é fortemente relacionada com a quantidade inicial de Capital Humano.

Os resultados de Barro (1991), sobre o impacto do Capital Humano no crescimento *per capita*, foram confirmados pela pesquisa de Levine e Renelt (1991), feita por meio de uma amostra de 119 países, na qual sugeria um número de canais através dos quais a política macroeconômica pode afetar o crescimento econômico de longo prazo. Estes autores usaram a taxa de participação do ensino de segundo grau como *proxy* para o Capital Humano.

O estudo realizado por Lee et al. (1994) examinou os principais determinantes do desenvolvimento econômico, em especial o papel do capital humano, mensurado pelos anos de estudos realizados, para a Coreia do Sul e Taiwan, e encontrou evidência estatística de que melhoria no Capital Humano e Capital Físico resulta em elevação na renda dos trabalhadores.

A modelagem do progresso tecnológico, como uma função do nível de educação, foi aplicada por Benhabib e Spiegel (1994), os quais consideraram a hipótese de que o Capital Humano afeta o crescimento, não apenas diretamente –

influenciando a taxa de inovação tecnológica de um país –, mas indiretamente, influenciando o ritmo de adoção de tecnologias estrangeiras. Os resultados obtidos, com base em uma amostra de 78 países, no período de 1960-1985, sugerem que o papel do Capital Humano, como uma condição necessária para a adoção e criação de tecnologias adaptadas às necessidades internas do país, é mais importante do que a de um fator de produção.

Silva e Marinho (2005), ao aplicarem as abordagens delineadas por Nelson e Phelps (1966), Romer (1986) e Lucas (1988), com base na análise da fronteira estocástica e do índice de Malmquist, confirmaram que o capital humano contribui, de diferentes formas para o crescimento econômico de um conjunto de países, como sugeriam as abordagens desses autores.

A elevada importância do Capital Humano para a PTF da economia brasileira foi mensurada por Tavares et al. (2001), em estudo que aferiu a PTF para os estados brasileiros, no período de 1986-1998. Os autores utilizaram o método dos MQG para estimar os coeficientes da variável anos de estudo. O coeficiente de 1,05, encontrado nessa pesquisa, significa que o aumento de 10% nos anos de estudo médio da população ocupada aumentaria em 10,5% a produtividade total dos fatores, mantido tudo o mais constante.

Souza (2004), ao investigar o fator Educação como importante determinante do crescimento econômico dos estados brasileiros, no período de 1970-1995, com base em dois modelos de função de produção, um exógeno e outro endógeno, encontrou que, para cada ano adicional de escolaridade média, o PIB se eleva em 38% no primeiro modelo, e 36% no segundo. Esse autor, em suas análises sobre os fatores determinantes do crescimento econômico das regiões brasileiras, obteve um coeficiente de 19% de aumento da PTF – definida como Dinâmica Interna Regional, no seu modelo – para cada ano adicional da escolaridade média, mantido constante tudo o mais.

Evidências do efeito direto da educação sobre o nível de renda são freqüentemente encontradas nos trabalhos empíricos, como os desenvolvidos por Nelson e Phelps (1966), Romer (1986) e Lucas (1988), entre outros disponíveis na literatura sobre os determinantes do crescimento econômico.

## 4.2. Recursos naturais e crescimento econômico

Na literatura econômica, que analisa os fatores determinantes do crescimento econômico, a importância dos recursos naturais foi investigada pelas duas principais correntes do pensamento econômico. Pelo lado da corrente neoclássica, o trabalho desenvolvido por Solow (1974) seguiu a formulação original de crescimento exógeno e ampliou a função Cobb-Douglas, incluindo a taxa de fluxo dos recursos naturais, extraído de um grupo de recursos pré-existente e procedeu a análise do crescimento ótimo, similar ao modelo básico. O autor concluiu que a inclusão dos recursos exauríveis no modelo depende da pressuposição de que a elasticidade de substituição entre recursos naturais e bens de capital e trabalho não é menor que a unidade, o que deixa dúvidas sobre essa medida. Em sua perspectiva, o conjunto finito de recursos (excluídos os recicláveis) será usado otimamente, de acordo com as regras gerais que governam o uso ótimo de ativos reproduzíveis (ENGLAND, 2000).

A questão da viabilidade técnica-científica do pensamento neoclássico passou a ser questionada a partir da definição do termo “Desenvolvimento Sustentável”, formulado pela comissão Brundtland, em seu relatório intitulado “*Our common future*” que define o desenvolvimento sustentável “... como sendo aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades”. Ele contém dois conceitos-chave: 1) conceito de “necessidades”, sobretudo as necessidades especiais dos pobres do mundo, que devem ter a máxima prioridade; 2) a noção das limitações que o estágio da tecnologia e da organização social impõe ao meio ambiente, impedindo-o de atender às necessidades presentes e futuras.

O desenvolvimento sustentável requer a conjugação de: um sistema político que assegure a efetiva participação dos cidadãos nos processos decisórios; um sistema econômico capaz de gerar excedentes e *know-how* técnico em bases confiáveis e constantes; um sistema social que possa resolver as tensões causadas por um desenvolvimento não equilibrado; um sistema de produção que respeite a obrigação de preservar a base ecológica do desenvolvimento; um

sistema tecnológico que busque constantemente novas soluções; um sistema internacional que estimule padrões sustentáveis de comércio e financiamento; um sistema administrativo flexível e capaz de autocorrigir-se (VIOLA; LEIS, 1995).

Aghion e Howitt (1998) afirmam que a teoria do crescimento endógeno é a que melhor discute a questão da substituíbilidade entre os vários tipos de capital – Físico, Natural e Intelectual. Conforme seus argumentos, a intensidade da elasticidade de substituição é importante na escolha de uma das várias formas da função de produção: Cobb-Douglas, AK ou Schumpeteriana. De acordo com a perspectiva desses autores, o Capital Natural é representado pelos ativos ambientais e, em algumas vezes, pela própria natureza em si, e são tratados como se fossem manufaturas.

England (2000) explorou a relação analítica entre acumulação de capital e crescimento econômico, por um lado, e o ambiente natural, por outro. Utilizando-se das modernas teorias do crescimento, discute-se se o fator biofísico é, ou não, um limitador do crescimento econômico. O autor apresenta um modelo em que esses fatores são complementares e conclui afirmando existir um limite biofísico para o crescimento e que o crescimento exponencial do produto agregado não continuará indefinidamente.

Jeon e Sickles (2004) usam o método da função de distância direcional para analisar o crescimento da produtividade e avaliar o papel que insumos indesejáveis da economia, tais como dióxido de carbono e outros gases, têm sobre a fronteira de produção. Com este método é feita a decomposição do crescimento da produtividade em duas partes: uma parcela devida à eficiência (*catching up*), e outra, às mudanças tecnológicas (inovação). O teste de significância estatística dos parâmetros estimados foi feito com base no método *bootstrap*. Além de apresentar explicações sobre a implicação do crescimento da PTF nos países da OECD e Ásia, os resultados da pesquisa apontam que quando o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) é colocado como um insumo da função de produção dos países da OECD, a taxa de crescimento médio da PTF mostra pequenas mudanças quando comparada com a função de produção sem o insumo CO<sub>2</sub>. Para os países Asiáticos fica evidenciado o pequeno impacto sobre a taxa de

crescimento da PTF. No entanto, os principais achados da pesquisa carecem de significância estatística.

Vincent e Ali (1997) analisaram os resultados de uma regressão múltipla no sentido de avaliar o relacionamento entre o desmatamento e a densidade populacional, o crescimento populacional e a taxa de crescimento da renda, na Malásia, entre 1972 e 1981, e não encontraram evidências estatísticas significativas. No entanto, os resultados sugeriram que a relação entre a taxa de desmatamento e a renda *per capita* era significativa, de forma que, para distritos residenciais, com renda mais elevada a taxa de desmatamento apresenta-se menor.

Ao longo da década de 1970, aceitava-se que o nível de produto (ou renda) e a degradação ambiental estavam relacionados de forma direta. Argumentava-se que, como os estoques de recursos naturais são dados e a produção material acarreta em agressão ao meio ambiente, pelo despejo de dejetos, uma expansão contínua da atividade econômica não seria sustentável. A justificativa para esse sentimento pessimista é decorrente do fato que o uso contínuo dos recursos naturais levaria ao esgotamento deles, além de resultar no aumento da degradação ambiental (MUELLER, 2007). O relatório de 1992 do Banco Mundial mostrava evidências contrárias à idéia de relacionamento direto entre o produto e a degradação ambiental, sugerindo que o uso de tecnologias limpas e de políticas de proteção ambiental ajudariam a reduzir os impactos sobre o meio ambiente.

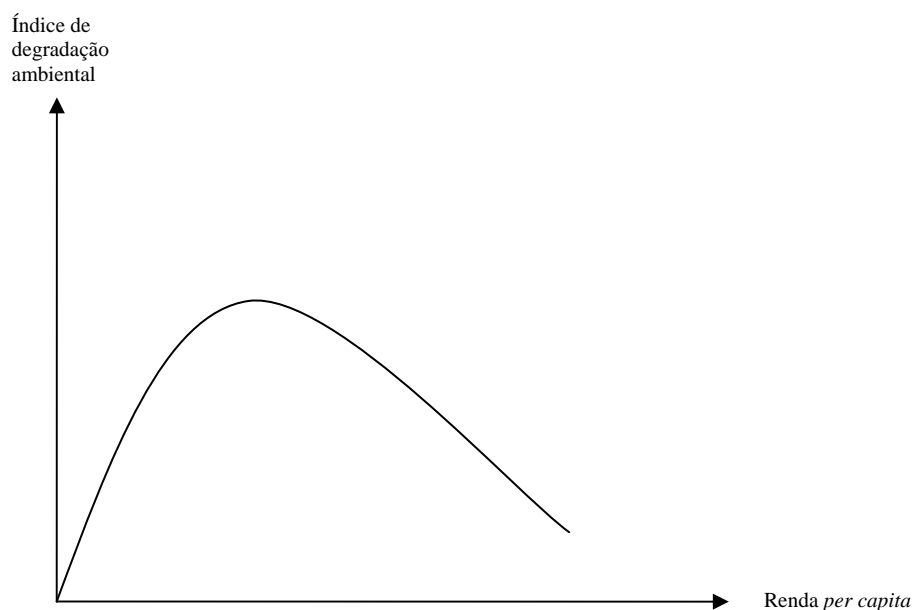
O relatório de 1992 do Banco Mundial sugeriu que a formulação de uma hipótese especial sobre a relação entre o desenvolvimento econômico e a degradação ambiental. A essência da hipótese de U invertido ambiental formulada foi que

... em um país subdesenvolvido, cuja renda *per capita* aumenta consistentemente, um emprego de quantidades crescentes de energia e materiais conduz a uma degradação ambiental cada vez menor. Mas isso aconteceria até certo nível de renda *per capita*. Se a renda per capita ( $Y/P$ ) continuar a crescer, cedo ou tarde será atingido um nível de renda *per capita*, após o qual

aumentos ulteriores nesse indicador de desenvolvimento trariam reduções na magnitude dos indicadores de degradação ambiental<sup>5</sup>”.

A Figura 16 descreve a relação sugerida por Kuznets, ou seja, que para países ou regiões com renda *per capita* baixa, em desenvolvimento, o nível de degradação ambiental tende a ser elevado, de forma que haverá um nível de renda que maximiza a degradação. E no caso de rendas acima dessa a trajetória, é esperada de queda da degradação ambiental.

Os fatores que contribuem para esse comportamento, segundo Borghesi (2002 *apud* MUELLER, 2007) são os efeitos escala, composição e o efeito mudança tecnológica. Na etapa inicial do processo de desenvolvimento predomina o efeito escala; com o desenvolvimento, eleva-se o peso dos outros dois fatores.



Fonte: Retirado de Mueller (2007).

Figura 16 – Curva de Kuznets ambiental.

---

<sup>5</sup> Com base em estudos empíricos Simon Kuznets, na década de 1950, formulou a hipótese de que, a distribuição de renda e a renda *per capita* de uma economia, desenvolvida ao longo do tempo, tem uma relação, que representada graficamente, descreve uma trajetória em formato de “U” invertido.

Os estudos desenvolvidos por Grossman e Kruguer (1995) e Shafik e Bandyopadhyay (1992), avaliam a existência de uma relação não linear entre poluição e crescimento econômico. Esses estudos mostraram que, para alguns índices de poluição do ar e dos rios, usados em vários países, assim como o nível de desmatamento anual das florestas, há evidências estatísticas de que problemas ambientais e renda teriam uma relação U-invertido, de forma que, a partir de certo ponto no tempo, o impacto ambiental decrescerá com o crescimento econômico. A pesquisa foi desenvolvida com base em dados oriundos do painel *Global Environmental Monitoring System* (GEMS) e do painel de países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), que congrega informações sobre a qualidade do ar em áreas urbanas de algumas cidades de países desenvolvidos e em desenvolvimento no mundo, além de informações sobre desflorestamento. Para avaliar a relação entre poluição e crescimento, os autores digrediram sobre o nível de poluição, a renda *per capita* corrente e defasada, além de incorporar outras co-variáveis de interesse, como densidade demográfica, tendência, *dummy* para especificar as várias regiões e ainda outras.

### **4.3. Ação cooperativa e crescimento econômico**

A teoria desenvolvida por Putnam (2002) identifica o capital social como “características de organização social, tais como redes, normas e confiança que facilitam a coordenação e cooperação para o benefício mútuo”. Na visão de Putnam (2002), a cooperação é vista como um ato racional em que as partes envolvidas têm compromisso mútuo de ajudar uns aos outros. Nesse aspecto, a abordagem de Putnam difere da visão adotada na teoria dos jogos, segundo a qual jogadores preferem não cooperar e, por conseguinte, se mantêm no estado de equilíbrio e perdem a possibilidade de penas mais brandas, como no dilema do prisioneiro, caso tivessem a condição de combinar, ou confiar no adversário. Para Putnam, “... a progressiva acumulação de capital social é uma das principais responsáveis pelos círculos virtuosos da Itália cívica”. Seu estudo aponta a

elevada densidade de associações voluntárias entre pessoas residentes no Norte da Itália como o fator que explica, em grande medida, o sucesso econômico da região, se comparado ao desempenho econômico obtido pela região Sul daquele país, onde a associação é menos freqüente. Dessa forma, quanto maior o nível de confiança numa comunidade, maior é a possibilidade de cooperação e a expansão dessa cooperação gera mais confiança na sociedade local.

Grootaert (2001), ao estudar as diversas formas de mensurar o Capital Social, em nível institucional local – para países como Bolívia, Burkina Faso e Indonésia –, encontrou evidências de que o efeito do Capital Social é predominante sobre a renda. Seu estudo mostra que a acumulação da renda dos associados ou cooperados se dá pela elevação de ativos, pelo aumento da poupança e pelo acesso ao crédito. No âmbito da comunidade, há evidências de que a melhoria da ação coletiva impactou positivamente sobre a renda. A maior descoberta desse estudo foi a de que a composição associativa faz uma grande diferença nos resultados finais e, no caso, das associações heterogêneas, os benefícios são maiores do que os obtidos pelas menos heterogêneas.

Ascari e Cosmo (2004) avaliam a importância da variável representativa do Capital Social com base no primeiro fator resultante da aplicação da técnica de componentes principais, usando variáveis relacionadas ao número de títulos protestados, ações judiciais trabalhistas e estatísticas de crime. Seus estudos encontram relação negativa dessa variável, diferentemente do que prevê a literatura, e atribuem o resultado à dificuldade de coleta e de tratamento de dados secundários representativos do capital social.

A dificuldade em encontrar variáveis representativas do Capital Social se deve ao fato de o mesmo ter várias dimensões que podem ser usadas como variáveis *proxies*. Segundo o Banco Mundial, compreendem: grupos e redes, confiança, ação coletiva, inclusão social e informação e comunicação (WORLD BANK, 1993). Na visão dessa instituição, é importante avaliar as contribuições do Capital Social na redução da pobreza, na estabilidade social e no desenvolvimento econômico.

Na dimensão referente aos grupos e redes, encontram-se as cooperativas. Em relação a esse aspecto, as características mensuradas devem incluir: densidade de membros, diversidade, grau da função democrática e o grau de conexão entre os grupos. Estudos ressaltam que é no grau de confiança dos cooperados que reside a força motriz das ações coletivas que dão forma ao Capital Social. Segundo Maciel (2001),

... enquanto na versão associativista, confiança é sinônimo de amizade, na perspectiva econômica *stricto sensu*, as relações estáveis de confiança, reciprocidade e cooperação são vistas como instrumentos para azeitar as relações entre agentes econômicos e melhorar a eficiência de arranjos organizacionais entre e no interior das firmas.

A discussão central sobre a formulação de modelos que buscam captar a relação entre as várias dimensões do Capital Social e o crescimento econômico não parece ser tão simples como apresentadas pelas correlações analisadas por Putnam (2002), principalmente, em termos de modelagem econométrica.

A literatura apresenta estudos em que essa relação é obtida a partir de métodos de pesquisa *survey* domiciliar, realizados em diversas comunidades ou regiões, envolvendo coleta de dados sobre hábitos e costumes das famílias, bem como suas formas de relacionamento com instituições educacionais, religiosas, esportivas, comerciais, organizações governamentais e não-governamentais, com vizinhos e parentes. A partir de um processo de agregação, são feitas as relações que corporificam o Capital Social e mensuram o nível de cooperação horizontal e vertical, que expressam a confiança nas diversas instituições, ou seja, o grau de coesão social ou ação coletiva (GROOTAERT, 1998).

Ao avaliar a relação dos fatores ligados ao capital social e institucional com o produto *per capita*, em condados dos Estados Unidos, usando MQO e um modelo de dependência espacial para estimar os coeficientes dos regressores do modelo de regressão dinâmica, Rupasingha et al. (2002) encontraram evidências de que elevados níveis de capital social têm efeitos positivos sobre o crescimento econômico. Como indicador do Capital Social, foi mensurada a densidade de organizações em conformidade com a definição de Putnam (2002), para as várias dimensões do Capital Social, conforme referências desse estudo.

Whiteley (2000) examinou a relação entre Capital Social e o crescimento econômico, para uma amostra de 54 países, no período de 1970 a 1992, dentro da estrutura de um modelo neoclássico de crescimento. Os resultados da pesquisa sugerem que o Capital Social teve impacto significativo sobre o crescimento. A variável definida como capital social foi a confiança dos cidadãos em outras pessoas, obtida a partir do *survey* aplicado nos países que compõem a amostra.

É válido frisar que as várias dimensões do Capital Social podem afetar positivamente o crescimento do produto econômico de um país ou região, a partir da estruturação de instituições intimamente ligadas com a comunidade local. Segundo Grootaert (1998), as entidades, como associações e instituições, que compõem a estrutura informal de representação são capazes de: a) **organizar e partilhar informações** – fator-chave para a eficiência dos agentes econômicos e para a tomada de decisão sob incerteza, pois cria um conhecimento mútuo em relação à forma como os agentes econômicos respondem a diferentes situações, com reflexos diretos na redução dos custos de transação, ajudando a reduzir ou amenizar as falhas do mercado; b) **coordenar as atividades** – o associativismo reduz o comportamento oportunista por criar repetidas interações com os indivíduos, de forma a elevar o nível de confiança, diferentemente dos contextos em que a ausência de coordenação ou em que o comportamento oportunista contribuem para as falhas do mercado; c) **gerir decisões de mercado coletivamente** – condição necessária à contínua provisão dos bens públicos e do gerenciamento das externalidades geradas pelas atividades econômicas no mercado, cabendo ao governo o papel central. Em síntese, a participação efetiva dessas entidades assegura um incentivo para aperfeiçoar a coordenação na gestão dos bens públicos, o que pode contribuir para aumentar a produtividade para todos.

O trabalho de Souza (2004) sobre os fatores determinantes do crescimento das regiões brasileiras mostra a relação positiva entre o número de cooperados (de cooperativas rurais, de crédito, previdenciárias e de saúde) e a PTF. O objetivo desse trabalho era avaliar a importância de fatores como

Educação, Cooperativismo, Representação Política e Infra-estrutura de Saúde sobre a PTF.

O número de cooperativas e o percentual de produtores rurais que fazem parte de associações, cooperativas e sindicatos de produtores, foram utilizados por Pavarina (2003), em sua metodologia, como indicadores de associativismo, para obter os fatores representativos do Capital Social existente no Estado de São Paulo. Esses fatores foram identificados com base na aplicação da análise fatorial, pelo método das componentes principais.

A literatura sobre o capital social e as suas diferentes dimensões, entre elas o cooperativismo e associativismo – calcados no princípio da confiança –, mostra a relevância de associações e cooperativas como elementos importantes no processo de desenvolvimento econômico de áreas menos desenvolvidas e da redução das desigualdades regionais.

A adoção de políticas governamentais voltadas à organização social dos agricultores familiares, bem como à formação de associações de produtores, ligadas à cadeia produtiva de produtos como mandioca, pescado, óleos e essências, madeira, café, guaraná e frutas tropicais contribuíram para o crescimento de associações representativas de produtores rurais e de setores econômicos como o madeireiro e de grãos, conforme estudos realizados<sup>6</sup>.

A constituição de novas cooperativas e, por conseguinte, o uso de práticas participativas e a cooperação inter-empresarial sinalizam para a adoção de formas coletivas de ação pautadas na confiança mútua, diferentes das formas tradicionais de produção e de organização das empresas que vigoraram até a primeira metade da década de 1990, quando se tem a intensificação do processo de abertura comercial e a implementação das reformas estruturais.

Evidências empíricas sobre a conduta coletiva das empresas na região Norte são encontradas nos estudos desenvolvidos por Santana (2005), realizados com base no resultado de pesquisas sobre os vários fatores determinantes da competitividade sistêmica, importantes para o desenvolvimento local. Os setores

---

<sup>6</sup> A esse respeito ver os resultados dos trabalhos realizados por Santana (2002a), Santana e Amin (2002), Santos (2002), Enríquez et al. (2003), Gomes (2003), Santana e Gomes (2005) e Carvalho (2005).

pesquisados por esse autor foram: plantas medicinais, plantas ornamentais e flores, agroindústria, fruticultura, aqüicultura e, por fim, madeira e mobiliário. Os resultados da pesquisa mostram que é baixo o grau de relacionamento das empresas com outras participantes da cadeia produtiva da qual ela faz parte. Perguntadas se subcontratam a produção ou os serviços de outra empresa, mais de 72,0% das empresas ligadas aos ramos de plantas medicinais, plantas ornamentais, agroindústria, fruticultura e aqüicultura responderam negativamente; no ramo de madeira e mobiliário, apenas 20,0% deram a mesma resposta. Essa pesquisa mostrou que a grande maioria dos agentes econômicos são fornecedores de matéria-prima; não se tratam de empresas desenvolvendo produtos que pudessem ser agregados ao produto final de outras empresas da mesma cadeia produtiva da qual faz parte. A forma de relacionamento com esses fornecedores e a escolha dos mesmos obedece ao critério de qualidade no ramo de plantas medicinais, e ao critério de preços, nos demais. Essa situação mostra que o *link* entre os elos da cadeia produtiva da madeira, em seu estágio primário, é muito precário e frágil, a ponto de comprometer a relação de confiança postulada por Putnam (2002), essencial na construção da cooperação e do transbordamento que pode ser gerado a partir dela.

#### **4.4. Infra-estrutura e crescimento econômico**

A literatura econômica sobre os determinantes do crescimento econômico de países, regiões e estados, em geral, aceita que investimentos em infra-estrutura podem produzir substanciais benefícios públicos. A Infra-Estrutura contribui para o crescimento setorial e social. No primeiro caso, porque eleva a produtividade, via ampliação dos serviços públicos dos sistemas de energia elétrica, água potável, comunicação e transporte, com reflexos sobre a redução de custos de produção e transação, e, por conseguinte, sobre a elevação da demanda dos produtos da região. Essa questão foi demonstrada no trabalho seminal de Hirschman (1958), que descreveu as redes de ligação para frente e para trás dos efeitos do investimento industrial em uma região.

Infra-Estrutura contribui, também, para o crescimento social, pois a elevação da produtividade ocorre via melhoria do Capital Humano. Ou seja, uma melhor instalação física das escolas e dos serviços de saúde implica positivamente no crescimento econômico. Além do mais, a existência de estradas em melhores condições de tráfego e o acesso aos meios de comunicação, como telefone e energia elétrica, contribuem para elevar a produtividade dos trabalhadores.

A investigação empírica realizada por Aschauer (1989) encontrou evidências de que o gasto público não-militar nos EUA é mais importante na determinação da produtividade do que os gastos públicos na área militar, e que a Infra-Estrutura em estradas, aeroportos, esgoto, sistema de tratamento de água, dentre outros, tem maior poder de explicação para a produtividade. Esse estudo mostrou que para cada dólar investido em Infra-Estrutura tem-se um retorno de 24 centavos de dólar.

Moomaw e Williams (1991), ao estudarem as fontes determinantes da PTF do setor de manufatura em 48 estados americanos, concluem que os investimentos em educação e Infra-Estrutura de transporte contribuem positivamente para o crescimento da PTF. Esses autores encontraram que a elasticidade da produtividade em relação ao investimento público feito em auto-estradas é da ordem de 0,25.

O estudo realizado por Zhang e Fan (2004), sobre o efeito dos gastos em Infra-Estrutura rural sobre a produtividade da agricultura na Índia, mostra evidências de que a Infra-Estrutura de estradas e sistemas de irrigação contribuem positivamente para o crescimento da PTF. Nessa mesma linha de pensamento, Fane t al. (2000) mostram que os gastos públicos em Infra-Estrutura contribuem para a redução da pobreza rural naquele país.

O trabalho de Calderon e Servén (2003), que faz uso da metodologia de dados de painel para países latino americanos, aplicando o Método dos Momentos Generalizados para estimar os coeficientes da função de produção Cobb-Douglas dos países, encontrou evidências positivas e significativas da relação entre a Infra-Estrutura em telecomunicações, transporte e energia elétrica

e o produto real dos países. Calderon e Servén (2004) encontraram evidências significativas de que o volume do estoque de Infra-Estrutura afeta positivamente o crescimento econômico de longo prazo. Trata-se de estudo realizado com base em uma amostra de 100 países, para o período de 1960-2000, usando modelos de dados de painel e índices analíticos qualitativos e quantitativos da infra-estrutura, estimados por técnicas que utilizam variáveis instrumentais para controlar o potencial endógeno das variáveis representativas da Infra-Estrutura.

Easterly e Rebelo (1993) encontraram evidências significativas da regularidade empírica para a relação das variáveis de política fiscal com o nível de desenvolvimento e a taxa de crescimento, usando dados de seção cruzada. Concluíram que: a) existe uma forte associação entre o nível de desenvolvimento e a estrutura fiscal; b) o investimento público em transporte e em comunicação está consistentemente relacionado com o crescimento.

No Brasil, Ferreira e Malliagos (1998) apresentam uma análise empírica do setor de Infra-Estrutura brasileiro, no período de 1950-1995, usando a técnica de vetor auto-regressivo (VAR) para estimar a elasticidade da produtividade em relação ao investimento em Infra-Estrutura do setor privado, desagregados em cinco setores (energia elétrica, telecomunicações, ferrovias, rodovias e portos). Os resultados desse estudo são significativos e mostram que a elasticidade oscila entre 0,34 e 0,38 indicando que uma queda de 10% nos investimentos em Infra-Estrutura provocaria uma queda de 3,5% na PTF. Para esses autores, “... a queda dos investimentos em infra-estrutura nos anos de 1980 teria afetado negativamente a evolução da produtividade dos fatores nessa década”.

Os impactos dos investimentos em Infra-Estrutura na PTF do setor agrícola brasileiro foram estudados por Mendes e Teixeira (2006), que usaram o método MMG para estimar a elasticidade da PTF em relação à Infra-Estrutura em energia elétrica (0,15), telecomunicações (0,25) e rodovias (0,65), sendo os dois primeiros significativos a 5%, e o último, a 10%. Além disso, apresentaram como instrumentos os regressores endógenos defasados de até dois períodos de tempo.

O trabalho desenvolvido por Silva e Fortunato (2007) investigou empiricamente a importância da infra-estrutura no crescimento de longo prazo da economia brasileira, usando dados para 26 unidades da federação, no período de 1985 a 1998. Nesse estudo, foi aplicada a metodologia de dados em painel, assumindo o modelo de efeitos fixos. A variável Despesa Estadual em Infra-Estrutura foi usada como *proxy* do investimento no setor. Os resultados empíricos mostram evidências significativas de uma relação positiva entre o crescimento econômico e os gastos em Infra-Estrutura, para o Brasil e para as regiões Sul/Sudeste e Norte/Nordeste. O coeficiente de elasticidade em relação ao gasto em Infra-Estrutura foi de 0,08 para o Brasil, de 0,02 para as regiões Sul/Sudeste e de 0,24 para as regiões Norte/Nordeste. Desagregando-se os gastos em Infra-Estrutura de energia/comunicação e transporte, foi encontrado: 0,30 e 0,06, para o Brasil; 0,50 e -0,006 para as regiões Sul/Sudeste; 0,20 e 0,25 para as regiões Norte/Nordeste.

#### **4.5. O papel dos incentivos fiscais no crescimento econômico**

Estudos desenvolvidos por Lopes (2001) enfatizam que subsídios ao capital são o principal instrumento de política regional e industrial. O efeito econômico dos incentivos fiscais é analisado com base nos impactos do capital subsidiado sobre a criação de empregos, em um setor industrial ou em regiões, sobre a performance das firmas e sobre outras variáveis de interesse.

No processo de avaliação do impacto dos subsídios sobre o desempenho econômico, a unidade central de observação são firmas ou setores industriais. Porém, se os valores subsidiados forem agregados e classificados como outras receitas, incluindo a não-taxação da receita, pode-se avaliar seu efeito sobre a taxa de crescimento de longo prazo, conforme estudos realizados por Kneller et al. (1999). Esses autores encontraram evidências significativas para a relação negativa entre a categoria de outras receitas e o crescimento econômico. Os dados referem-se a um painel de 22 países da OCDE, no período de 1970-1995,

em que os coeficientes foram estimados pelo modelo de efeitos fixos, com variáveis instrumentais.

Em nível de setor, Beason e Weinstein (1996) investigaram o uso de diferentes instrumentos de política industrial, no Japão, incluindo o subsídio ao capital, e não encontraram evidências significativas de que a produtividade tenha aumentado como resultado da política industrial adotada naquele país.

Lee et al. (1994) avaliaram o impacto da intervenção da política industrial do governo coreano, que incluiu o subsídio ao capital e a política de crédito, sobre o crescimento da produtividade de 38 setores da indústria de manufatura, no período de 1963-1983. Os coeficientes foram estimados pelo Método Mínimos Quadrados Ponderados (MQP) e Mínimos Quadrados de três Estágios (MQ3E), assumindo a modelagem de dados em painel. Os resultados empíricos desse estudo mostraram que a PTF é não-correlacionada com os incentivos incorporados no modelo, sugerindo que a política industrial não contribuiu para o crescimento econômico do país.

No nível da firma, Bergstrom (2000) encontrou evidências significativas de correlação positiva dos subsídios com o crescimento do valor adicionado, no primeiro ano após os benefícios serem disponibilizados. Nos anos seguintes, essa correlação torna-se negativa. O modelo de Bergstrom, aplicado a uma amostra de firmas na Dinamarca, revela que, em geral, há evidências da não-correlação entre os subsídios diretos e o crescimento da produtividade.

Barreto et al. (2003) investigaram o impacto de políticas públicas sobre a taxa de crescimento da PTF na indústria de transformação nordestina, no período de 1985-1995, em cada gênero da indústria, usando dois conjuntos de regressões, em que os coeficientes foram estimados pelo método de Mínimos Quadrados Ordinários. No primeiro conjunto, tomando a média das variáveis de incentivo fiscal e de protecionismo, encontraram evidências significativas da não-influência do Fundo de Investimento do Nordeste (FINOR) sobre a PTF. No segundo, utilizando os dados sobre os incentivos creditícios e o número de anos de estudo completo pelos trabalhadores, verificaram não ter evidências

estatísticas significativas do impacto do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE) sobre a PTF.

## 5. METODOLOGIA E BASE DE DADOS

Neste capítulo apresenta-se, inicialmente, o modelo analítico para a análise do crescimento econômico com base na Produtividade Total dos Fatores (PTF), obtida a partir dos modelos neoclássicos em que o progresso tecnológico é assumido ser exógeno, formulados por Solow (1957) e Mankiw et al. (1992), aqui denominados de Modelo Original de Solow e Modelo Ampliado pelo Capital Humano. Com os índices da PTF são desenvolvidas regressões lineares, cujo objetivo é identificar a significância estatística das relações de causalção para cada um dos regressores representativos do capital físico, natural, humano e social, assim como os sinais das relações.

A verificação empírica da hipótese ambiental de Kuznets – hipótese de U invertido – é testada levando-se em consideração a relação entre a taxa de desmatamento na Amazônia Legal e o contínuo aumento da renda *per capita*, de forma a verificar se há evidências de que esse aumento desencadeará melhorias das condições ambientais.

Os testes de raiz unitária para dados em painel de Hadri; Im, Pesaran e Shin; e Fischer são descritos, enfatizando-se a importância do seu uso, as suas vantagens e desvantagens, na verificação da estacionariedade das séries, e na identificação das características estatísticas do seu processo gerador.

Apresenta-se a técnica estatística multivariada da análise fatorial, utilizada, especificamente, na obtenção da variável representativa do capital físico (infra-estrutura), que é um índice analítico quantitativo obtido com base nos dados do painel. Tal procedimento foi utilizado por Calderon e Servén (2003 e 2004) e Ascari e Cosmo (2004).

O modelo de estimação para dados em painel é descrito apresentando-se a definição sobre o uso de modelos com Efeitos Fixos (EF) e Efeitos Aleatórios (EA), de forma a isolar os efeitos da heterogeneidade entre as seções cruzadas e reduzir as complicações advindas com a omissão de variáveis no modelo. A discussão da escolha do modelo, se de EF ou EA, é feita com base no teste de Hausman e complementada pelo teste de efeitos aleatórios, e pelos testes para detectar a presença de heteroscedasticidade, autocorrelação e sobre-identificação. São também apresentados os vários métodos de estimação, com seus pressupostos e limitações.

## **5.1. Modelo analítico**

### **5.1.1. Obtenção da PTF**

O modelo básico usado para encontrar a Produtividade Total dos Fatores (PTF) para a Amazônia Legal é o formulado por Solow (1957), usando uma função de produção do tipo Cobb-Douglas da forma:

$$Y = AK^{\alpha} N^{\beta}, \quad (16)$$

em que  $Y$  é o produto real dos estados da Amazônia Legal,  $K$  é o fator de produção capital físico e  $N$ , o fator de produção trabalho, aqui denominado de modelo original. E o modelo adotado por Mankiw et al. (1992), utilizando o conceito de capital ampliado pela inclusão do fator capital humano na função de produção como um insumo adicional:

$$Y = AK^\alpha H^{\beta_1} N^{\beta_2}, \quad (17)$$

que passa a ser caracterizada como modelo ampliado, em que  $H$  é o número médio de anos de estudo, em cada um dos estados da Amazônia Legal. Para estimação do produto real ( $Y$ ), todas as variáveis dependentes e independentes foram transformadas em logaritmos e os coeficientes estimados referem-se às elasticidades do produto em relação a cada um dos fatores de produção usados nas equações (16) e (17).

A PTF representa a parcela do crescimento que não é atribuída aos insumos capital e trabalho e refere-se ao resíduo das equações (16) e (17), cujos coeficientes foram estimados usando técnicas de dados em painel.

Em termos matriciais, o modelo econométrico a ser estimado, representando as equações de produção, segue uma relação linear entre as variáveis, que pode ser expressa por:

$$y_{it} = x_{it}\beta + u_{it} \quad (18)$$

$$u_{it} = z_i\delta + \varepsilon_{it},$$

$$\varepsilon_{it} = \sum_{j=1}^p \rho_{ij}\varepsilon_{i,t-j} + v_{it}$$

Assumindo-se que  $z_i\delta = \alpha_i$ , a equação (18) pode ser reescrita como:

$$y_{it} = \alpha_i + x_{it}\beta + \varepsilon_{it}, \quad (19)$$

em que  $y_{it}$  é um vetor  $nT \times 1$  que representa a variável dependente;  $x_{it}$  é uma matriz de regressores  $nT \times k$ ;  $\beta$  é um vetor de parâmetros  $k \times 1$  e  $u_{it}$  é um vetor de erros  $nT \times 1$ ;  $\alpha_i$  representa os efeitos fixos ou aleatórios não observados nos estados que se mantém invariantes no tempo;  $|\rho_{ij}| < 1$  são os parâmetros que

representam a autocorrelação serial, caso existam; e  $\varepsilon_{it}$  são os erros idiossincráticos.

As funções de produção (16) e (17), após serem linearizadas e diferenciadas no tempo<sup>7</sup>, mostram que a taxa de crescimento do produto é obtida a partir da média aritmética ponderada da taxa de crescimento dos fatores, mais um termo representativo do nível de tecnologia, que reflete o avanço tecnológico e todos os elementos institucionais do entorno, os quais favorecem ao crescimento do sistema produtivo. Dessa forma, as causas das diferentes taxas de crescimento entre países/regiões/localidades pode ter sua explicação em fatores além da acumulação do capital (físico e humano) e do crescimento populacional.

### 5.1.2. Determinantes da PTF

A relação linear, sugerida para representar os efeitos de variáveis representativas do capital humano, natural, social e físico, além dos instrumentos de política de desenvolvimento regional, segue a linha metodológica aplicada em trabalhos como o de Zhang e Fan (2004), usada para avaliar os efeitos do gasto público em infra-estrutura sobre a produtividade no setor rural da Índia. Os estudos de Fan et al. (2000) avaliam os efeitos diretos e indiretos dos diferentes tipos de gastos governamentais sobre a pobreza na zona rural da Índia, usando modelos de dados em painel. A investigação sobre os determinantes da PTF para as várias regiões da Itália, usando modelos econométricos de regressão em dados de painel e tomando como variáveis independentes o capital humano, capital social e gasto em C&T, foi desenvolvido por Ascari e Cosmo (2004).

O trabalho de Mendes (2005) avalia os efeitos dos investimentos em infra-estrutura na PTF da agropecuária brasileira, no período de 1985-2004,

---

<sup>7</sup> Segundo Jones (2000), a taxa de crescimento entre os tempos  $t$  e  $t-1$  pode ser calculada por  $g = \log y(t) - \log y(t-1) \equiv \Delta \log y(t)$ . Como os resultados da PTF estão expressos em logaritmo, a taxa de variação percentual pode ser obtida a partir do antilogaritmo da PTF em cada ano, uma vez que  $\frac{y(t) - y(t-1)}{y(t-1)} = \frac{y(t)}{y(t-1)} - 1 = e^g - 1$ .

assim como quais tipos de investimento em infra-estrutura têm os maiores efeitos.

A equação sugerida para avaliar a relação linear entre a PTF e os regressores tem a seguinte forma:

$$PTF_{it} = \alpha_i + \beta_1 \log(Desmatamento_{it}) + \beta_2 \log(Educação_{it}) + \beta_3 \log(Cooperativa_{it}) + \beta_4 \log(Infra-estrutura_{it}) + \beta_5 \log(FNO_{it}) + \beta_6 \log(FINAM_{it}) + \varepsilon_{it}$$

Em termos matriciais, a equação é modelada de forma similar ao modelo de estimação do produto, conforme a equação (18), podendo ser expressa pela relação

$$PTF_{it} = \alpha_i + X_{it}\beta_i + \varepsilon_{it},$$

em que  $X$  é a matriz de regressores. Esse modelo, em sua versão dinâmica, é obtido introduzindo-se a variável dependente defasada em um período, como um dos regressores, da seguinte forma:

$$PTF_{it} = \alpha_i + \rho PTF_{it-1} + X_{it}\beta_i + \varepsilon_{it}.$$

Ele permite que realizações passadas da variável dependente afetem o nível corrente do processo gerador da PTF.

Ao organizar os dados em um formato de painel, torna-se possível avaliar os efeitos sobre o produto real das variações ocorridas nas variáveis explicativas, em função do tempo e das diferentes características entre as unidades de seção cruzada. Para a estimação dos parâmetros das funções de produção e da regressão dos condicionantes da PTF, assume-se que o painel é balanceado, isto é, tem-se o mesmo número de observações, em cada unidade de seção cruzada, em cada um dos anos, e o total do número de observações é de  $nT$ .

### 5.1.3. Hipótese ambiental de Kuznets

O teste econométrico utilizado para avaliar a hipótese ambiental de Kuznets é baseado na estimação da regressão cúbica entre a taxa de desmatamento e a renda *per capita*, tomando como base a formulação não-linear proposta por Grossman e Kruguer (1995), de maneira a capturar a renda *per capita* que maximiza o nível de desmatamento na Amazônia Legal, ou seja, qual o nível de aumento da renda a partir do qual o desflorestamento na região amazônica começa a declinar.

A equação a ser estimada apresenta a seguinte estrutura formal:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 lrpc + \beta_2 lrpc^2 + \beta_3 lrpc^3 + \beta_4 lrpc_{-1} + \beta_5 lrpc^2_{-1} + \beta_6 lrpc^3_{-1} + \beta_7 Ano + \beta_8 D1 + \beta_9 Ddem_t + \varepsilon_{it} \quad (20)$$

em que  $Y_{it}$  é taxa anual de desmatamento do estado  $i$  no ano  $t$ ;  $lrpc$ , logaritmo natural da renda *per capita*, em R\$1.000 a preços de 2000;  $lrpc^2$ , logaritmo natural da renda *per capita* elevada ao quadrado;  $lrpc^3$ , logaritmo natural da renda *per capita* elevada ao cubo;  $lrpc_{-1}$ , logaritmo natural da renda *per capita* defasado em um período de tempo;  $lrpc^2_{-1}$ , logaritmo natural da renda *per capita* elevada ao quadrado defasado em um período de tempo;  $lrpc^3_{-1}$ , logaritmo natural da renda *per capita* elevada ao cubo defasado em um período de tempo;  $Ano$ , variável de tendência;  $D1$ , *dummy* (d1) igual a um, para representar os estados que compõem o “Arco do Desmatamento” e zero para os demais;  $Ddem$ , densidade demográfica ( $Ddem$ ), tomada em logaritmo natural.

Para estimar os parâmetros da equação (20), utiliza-se o modelo de efeitos fixos, em uma estrutura de dados de painel. Para verificação da presença de heteroscedasticidade e autocorrelação serão aplicados os testes apresentados nas seções 5.3.3 e 5.3.4.

## 5.2. Modelo para dados em painel

Estudos econômicos em que as variáveis utilizadas na formulação dos modelos de regressão combinam séries no tempo e seções cruzadas são denominadas de Modelos para Dados em Painel. Para Pindyck e Rubinfeld (2004), dados em painel podem ser entendidos como um conjunto longitudinal que inclui uma amostra de entidades individuais (famílias, firmas, cidades, estados, países, etc.), ao longo de um período de tempo.

Um conjunto de dados em painel tem inúmeras vantagens sobre os estudos convencionais de séries no tempo e seção cruzada, como segue: aumento do número de pontos observados; elevação dos graus de liberdade; redução da multicolinearidade entre as variáveis explicativas; maior eficiência das estimativas; e é mais apropriado para estudar mudanças dinâmicas. Em síntese, o estudo de dados em painel permite a identificação de certos parâmetros sem a necessidade de se fazer suposições restritivas sobre eles (GREENE, 2003; GUJARATI, 2003; VERBEEK, 2000; HSIAO, 2002).

Considere o modelo linear a seguir:

$$y_{it} = z_i\alpha + x_{it}'\beta + \varepsilon_{it}, \quad (21)$$

em que  $x_{it}$  é um vetor  $1 \times k$  de variáveis exógenas que podem sofrer variações no tempo ( $t$ ) e não nas seções cruzadas ( $i$ ), ou sofrer variações em  $i$  e não em  $t$ , ou sofrer variações em  $i$  e  $t$ , não contendo o termo constante;  $z_i$  é o efeito individual ou a heterogeneidade individual contendo um termo constante e um conjunto de variáveis não observadas, ou variáveis latentes tomadas constantes sobre  $t$ ;  $\varepsilon_{it}$  é o termo de erro independente e identicamente distribuído (i.i.d) sobre  $t$  e  $i$ , com média zero e variância  $\sigma^2$ ;  $\beta$  e  $\alpha$  são os parâmetros a serem estimados.

Segundo Greene (2003), dependendo da composição de  $z_i$ , vários casos podem ser considerados:

1. Se  $z_i$  contém apenas um termo constante, o modelo de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) gera estimadores consistentes e eficientes para o termo comum  $\alpha$  e para o vetor  $\beta$  de coeficientes das variáveis exógenas. Nesse modelo, tem-se a regressão dos dados empilhados, sem levar em consideração as características das seções cruzadas e as séries no tempo, conhecido na literatura como *pooled regression*;
2. caso  $z_i$  seja não observado, mas correlacionado com  $x_{it}$ , isto é, ausência de exogeneidade estrita, tem-se um modelo com variável omitida e o estimador MQO será viesado e inconsistente. Fazendo  $\alpha_i = z_i' \alpha$ , a equação (21) passa a ser escrita como:

$$y_{it} = (\delta + \alpha_i) + x_{it}' \beta + \varepsilon_{it}, \quad (22)$$

em que  $\alpha_i$  é uma parte do intercepto, com todos os efeitos observados nas seções, e a constante  $\delta$ , indica uma parcela comum a todas as seções ou no tempo. Esse modelo é conhecido como **Efeito Fixo** (EF), pois  $\alpha_i$  é um termo constante em cada grupo de seção cruzada ou no tempo;

3. Caso  $z_i$  seja não observado e não correlacionado com  $x_{it}$ , ele é um componente do termo de erro e a equação (21) pode ser reescrita como
$$y_{it} = \delta + x_{it}' \beta + (\alpha_i + \varepsilon_{it}),$$
4. Neste caso, os estimadores são consistentes, embora ineficientes. Como  $\alpha_i$  é um componente aleatório, o modelo é denominado de **Efeito Aleatório** (EA), ou seja, cada grupo de seção cruzada ou série no tempo apresenta uma variável aleatória que interfere nos resultados da regressão.

### 5.2.1. Estimação do modelo de Efeitos Fixos (EF)

O modelo EF inicia com a pressuposição de que  $cov(x_{it}, \alpha_i) \neq 0$  e que as diferenças entre as unidades de seção cruzada podem ser captadas pelas diferenças do termo constante, já que cada  $\alpha_i$  é tratado como um parâmetro desconhecido a ser estimado pela equação de regressão a seguir:

$$y_{it} = X_{it}\beta + i\alpha_i + \varepsilon_{it},$$

em que  $i$  é um vetor coluna de uns,  $T \times 1$ ;  $y_{it}$  e  $X_{it}$  são as  $T$  observações em cada uma das  $i$  seções cruzadas;  $\varepsilon_{it}$  é o vetor de erros. Em termos de estrutura matricial tem-se a seguinte conformação,

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} \beta + \begin{bmatrix} i & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & i & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

ou

$$y = [X \quad d_1 \quad d_2 \quad \cdots \quad d_n] \begin{bmatrix} \beta \\ \alpha \end{bmatrix} + \varepsilon, \quad (23)$$

em que  $d_i$  é uma variável *dummy* identificando a unidade de seção cruzada. Fazendo  $D = [d_1 \quad d_2 \quad \cdots \quad d_n]$ , da forma  $nT \times n$ . Daí, todas as linhas dadas podem ser reunidas por,

$$y = X\beta + D\alpha + \varepsilon.$$

Esse modelo de estimação é conhecido como método de Mínimos Quadrados com Variáveis Dummies (MQVD).

Segundo Johnston e Dinardo (1997), a equação (23) é o mesmo que regredir cada variável  $y$  e  $X$  sobre o conjunto de *dummies* e então estimar a regressão dos resíduos de  $y$  sobre os resíduos de  $X$ . A matriz que produz tais resíduos é dada por:

$$M_D = I - D(D'D)^{-1}D'$$

e é possível rodar o MQO para as variáveis transformadas  $M_D X$  e  $M_D y$  e encontrar os estimadores dos coeficientes, dados por:

$$\hat{\beta} = [X'M_D X]^{-1} [X'M_D y]$$

Em dados de painel, é importante observar a covariância entre as variáveis exógenas ou explicativas e o termo de erro, pois para que as estimativas possam ser consistentes é preciso ter  $Cov(x_{it}, \varepsilon_{it}) = 0$ .

No entanto, pode não ser atrativa uma regressão em que grande parte dos regressores sejam variáveis *dummies*, pelo fato de reduzir os graus de liberdade. Nesse caso, uma alternativa é estimar os coeficientes com base nos desvios em torno da média das seções cruzadas, como é mostrado na expressão a seguir:

$$(y_{it} - \bar{y}_{i\cdot}) = \beta'(x_{it} - \bar{x}_{i\cdot}) + (\varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_{i\cdot})$$

em que,  $\bar{y}_{i\cdot} = N^{-1} \sum_{t=1}^T y_{it}$ ;  $\bar{x}_{i\cdot} = N^{-1} \sum_{t=1}^T x_{it}$ ; e  $\bar{\varepsilon}_{i\cdot} = N^{-1} \sum_{t=1}^T \varepsilon_{it}$ .

De posse das transformações para as séries da variável endógena e das exógenas, basta usar MQO para encontrar os estimadores do coeficiente  $\beta$ . Porém, o efeito individual  $\alpha_i$  é eliminado. Esse tipo de procedimento é conhecido

como transformação dentro de e o estimador dos coeficientes é chamado de estimador dentro de. Ele é obtido através da seguinte expressão:

$$\hat{\beta}_{EF} = \left( \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{it} - \bar{x}_{i\bullet})(x_{it} - \bar{x}_{i\bullet})' \right)^{-1} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{it} - \bar{x}_{i\bullet})(y_{it} - \bar{y}_{i\bullet}).$$

Segundo Verbeek (2000), se todos os  $x_{it}$  forem independentes de todos os  $\varepsilon_{it}$ , o estimador de  $\beta$  será não-viesado. Dessa forma, os  $N$  interceptos serão estimadores não viesados calculados por:

$$\hat{\alpha}_i = \bar{y}_{i\bullet} - \bar{x}_{i\bullet}' \hat{\beta}_{EF}, \quad i = 1, \dots, N.$$

A matriz de covariância de  $\hat{\beta}$  é dada por:

$$\text{Var}(\hat{\beta}_{EF}) = \sigma_\varepsilon^2 \left( \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{it} - \bar{x}_{i\bullet})(x_{it} - \bar{x}_{i\bullet})' \right)^{-1},$$

e o estimador consistente de  $\sigma_\varepsilon^2$  é obtido a partir da razão entre a soma de quadrados dos resíduos da estimação dentro de e  $N(T-1)$ , da forma a seguir:

$$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \frac{1}{N(T-1)} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (y_{it} - \bar{y}_{i\bullet} - (x_{it} - \bar{x}_{i\bullet})' \hat{\beta}_{EF})^2.$$

### 5.2.2. Estimação do modelo de Efeitos Aleatórios (EA)

A maneira mais simples de diferenciar o modelo de EF do modelo de EA é observar que, no caso deste último, as variáveis *dummies* atuam como parte do termo de erro. No modelo de EA examinam-se como as seções cruzadas ou o tempo afeta a variância do erro.

Considere a formulação do modelo representado pela equação (22):

$$y_{it} = \delta + x'_{it}\beta + (\alpha_i + \varepsilon_{it}),$$

em que  $\delta$  agora é a média da heterogeneidade não observada e o  $\alpha_i$  é o termo de heterogeneidade aleatória específica para cada seção cruzada e constante no tempo. Nesse caso, o termo  $\alpha_i$  passa a ser uma variável gerada por um processo aleatório.

Supõe-se também que,

$$\begin{aligned} E[\varepsilon_{it} | X] &= E[\alpha_i | X] = 0; \\ E[\varepsilon_{it}^2 | X] &= \sigma_\varepsilon^2; \\ E[\alpha_i^2 | X] &= \sigma_\alpha^2; \end{aligned} \tag{24}$$

$$\begin{aligned} E[\varepsilon_{it}\alpha_j | X] &= 0 \text{ para todo } i, t \text{ e } j; \\ E[\varepsilon_{it}\varepsilon_{js} | X] &= 0 \text{ se } t \neq s \text{ ou } i \neq j; \\ E[\alpha_i\alpha_j | X] &= 0 \text{ se } i \neq j. \end{aligned} \tag{25}$$

Fazendo  $w_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}$  temos o modelo de componentes do erro em que,

$$\begin{aligned} E[w_{it}^2 | X] &= \sigma_\varepsilon^2 + \sigma_\alpha^2 \\ E[w_{it}w_{is} | X] &= \sigma_\alpha^2, \quad t \neq s \\ E[w_{it}w_{js} | X] &= 0, \text{ para todo } t \text{ e } s \text{ se } i \neq j. \end{aligned}$$

Segundo Wooldridge (2002), assumindo-se que as equações (24) e (25) sejam satisfeitas, a matriz de covariância dos erros apresenta a seguinte forma:

$$\Omega = E(w_i w'_j) = \begin{bmatrix} \sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2 & \sigma_\alpha^2 & \cdots & \sigma_\alpha^2 \\ \sigma_\alpha^2 & \sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2 & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \sigma_\alpha^2 \\ \sigma_\alpha^2 & \cdots & \cdots & \sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2 \end{bmatrix}, \tag{26}$$

e pode ser escrita como:

$$\Omega = \sigma_{\varepsilon}^2 \mathbf{I}_T + \sigma_{\alpha}^2 \mathbf{j}_T \mathbf{j}'_T,$$

desde que  $\mathbf{j}_T \mathbf{j}'_T$  seja uma matriz  $T \times T$  de uns. Assumindo-se que  $i$  e  $j$  são independentes, a matriz (26) para o total das  $nT$  observações, pode ser escrita da seguinte maneira (GREENE, 2003):

$$\Omega = \begin{bmatrix} \Sigma & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \Sigma & \cdots & 0 \\ & & \ddots & \\ 0 & 0 & \cdots & \Sigma \end{bmatrix} = \mathbf{I}_n \otimes \Sigma,$$

em que  $\otimes$  representa o produto Kronecker.

O modelo de EA pode ser estimado de duas maneiras, de acordo com a condição de conhecimento, ou não, da estrutura de variância. Quando a estrutura da variância for conhecida, é adequado usar o modelo de Mínimos Quadrados Generalizados (MQG), em caso contrário, é propício o uso do modelo de Mínimos Quadrados Generalizados Factíveis (MQGF).

No modelo de MQG, inicialmente, necessita-se encontrar o vetor  $\theta$  que pré-multiplicará a média aritmética da seção cruzada  $i$  da variável dependente e das independentes (INDIANA UNIVERSITY – IU, 2007). Usando a matriz  $\Omega$ , o vetor  $\theta$  pode ser calculado por<sup>8</sup>,

$$\theta = 1 - \sqrt{\frac{\sigma_{\varepsilon}^2}{T\sigma_{\sigma}^2 + \sigma_{\varepsilon}^2}} \text{ e}$$

a transformação das variáveis é obtida da seguinte maneira:

$$y_{it}^* = y_{it} - \theta \bar{y}_{i\cdot}$$

$$\bar{x}_{it} = x_{it} - \theta \bar{x}_{i\cdot}, \text{ para todos } X_k$$

---

<sup>8</sup> Se  $\theta = 0$ , o melhor é estimar os coeficientes usando um MQO. Se  $\theta = 1$  e  $\sigma_{\varepsilon}^2 = 0$ , usar o modelo dentro de ou *within effect model* ([www.indiana.edu/~statmath](http://www.indiana.edu/~statmath)).

$$\alpha^* = 1 - \theta.$$

Após as transformações, o coeficiente da equação, a seguir, será estimado usando MQO:

$$y_{it}^* = \alpha^* + x_{it}^* \beta^* - \varepsilon_{it}^*$$

O estimador de MQG para o vetor  $\beta$  apresentado por Greene (2003), é dado por:

$$\hat{\beta} = (X' \Omega^{-1} X)^{-1} X' \Omega^{-1} y = \left( \sum_{i=1}^n X_i' \Omega^{-1} X_i \right)^{-1} \left( \sum_{i=1}^n X_i' \Omega^{-1} y_i \right)$$

Se os componentes do termo de erro  $\sigma_\alpha^2$  e  $\sigma_\varepsilon^2$  são desconhecidos, primeiramente estimam-se as variâncias, em seguida, obtém-se a transformação das variáveis e os estimadores dos coeficientes por MQO.

O valor da variância do erro  $\sigma_\varepsilon^2$  é obtido da Soma de Quadrados dos Resíduos (SQR) do modelo de efeitos dentro de ou dos desvios dos resíduos em relação à média do resíduo da seção cruzada, tal como segue:

$$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \frac{SQR_{dentro\ de}}{nT - n - k} = \frac{e' e_{dentro\ de}}{nT - n - k} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (\varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_{i\bullet})^2}{nT - n - k},$$

em que  $\varepsilon_{it}$  são os resíduos do modelo MQVD.

O  $\hat{\sigma}_\alpha^2$  é obtido do modelo de efeitos entre os grupos, usando a média dos grupos para efetuar a regressão da seguinte forma:

$$\hat{\sigma}_\alpha^2 = \hat{\sigma}_{entre}^2 - \frac{\hat{\sigma}_\varepsilon^2}{T},$$

em que

$$\hat{\sigma}_{entre}^2 = \frac{SQR_{entre}}{n - k}.$$

Após estimar os componentes da variância do termo de erro é preciso estimar  $\theta$  usando  $\hat{\sigma}_{\varepsilon}^2$  e  $\hat{\sigma}_{\alpha}^2$ , que será obtido por:

$$\hat{\theta} = 1 - \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_{\varepsilon}^2}{T\hat{\sigma}_{\alpha}^2 + \hat{\sigma}_{\varepsilon}^2}} = 1 - \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_{\varepsilon}^2}{T\hat{\sigma}_{entre}^2}}.$$

De posse do fator de ponderação será efetuada a transformação das variáveis de acordo com o apresentado a seguir:

$$y_{it}^* = y_{it} - \hat{\theta} \bar{y}_i.$$

$$\bar{x}_{it} = x_{it} - \hat{\theta} \bar{x}_i, \text{ para todos } X_k$$

$$\alpha^* = 1 - \hat{\theta}.$$

Para estimar os coeficientes das variáveis exógenas é preciso estimar um modelo por MQO, usando as observações das variáveis transformadas.

### 5.2.3. Estimação usando variáveis instrumentais

Na modelagem de um fenômeno, seja ele econômico ou não, isolam-se algumas variáveis que podem explicar as variações ocorridas na variável dependente, ou seja, o efeito causal da variável exógena sobre a endógena. Nessa estrutura, assume-se que não há correlação entre as variáveis exógenas e o termo de erro, o que Wooldridge (2002) denomina de “exogeneidade estrita” e, nesses casos, os estimadores de MQO são consistentes.

No entanto, podem ocorrer situações em que as variáveis explicativas estão correlacionadas com o termo de erro, o que as torna endógenas, segundo Stock e Watson (2004). Essa correlação pode surgir de várias fontes, com destaque para: omissão de variável, erros de medidas dos regressores ou causalidade simultânea. Ao admitir tal situação em uma regressão, os estimadores obtidos apresentam um considerável viés de variável omitida.

O uso de dados em painel é um método para controlar as variáveis omitidas sem ter, de fato, de observá-las. A regressão com EF é um método para controlar essas variáveis quando elas variam entre as seções cruzadas, mas não ao longo do tempo, ou o inverso, no caso de efeitos fixos temporais em que as variáveis variam no tempo, mas não entre as seções cruzadas.

O controle é feito pelo uso de variáveis *dummies* que representam os interceptos de cada uma das seções cruzadas e expressam a influência de todas as variáveis omitidas, que diferem entre as seções cruzadas, porém mantidas fixas ao longo do período de tempo.

No caso específico dos estados que compõem a Amazônia Legal, ao se controlar os fatores fixos, tais como atitudes culturais, fenômenos demográficos e características econômicas, mantêm-se constante esses fatores que diferem de estado para estado e que não variam no decorrer do tempo dentro de cada estado, ou que sua variação é pequena no decorrer do período.

Na equação (21), usada para representar a relação de interesse econômico, pretende-se estimar os valores de  $\beta$ , ou seja, os efeitos de  $x_{it}$  sobre  $y_{it}$ , mantendo-se constante as características não observadas ( $z_i$ ) para determinado estado, ao longo do tempo.

Pressupondo-se a existência de pelo menos uma variável não correlacionada com o termo de erro, que faz parte do conjunto de variáveis exógenas, mas são omitidas do modelo, essas variáveis são denominadas de **instrumentos** ou **variáveis instrumentais**. Segundo Stock e Watson (2004) existem duas condições para um instrumento ser válido:

1. relevância do instrumento:  $Corr(z_i, X_{it}) \neq 0$ ;

2. exogeneidade do instrumento:  $Corr(z_i, \varepsilon_{it}) = 0$ .

A qualidade de um instrumento depende muito do quanto ele explica as variações das variáveis exógenas, ou seja, quanto mais relevante é o instrumento, mais informações estão disponíveis para serem utilizadas em uma regressão com variáveis instrumentais.

No modelo de EF, a variável  $z_i \alpha$  assumia não ser correlacionada com o termo de erro e se mantinha constante no tempo. No modelo de EA, essa variável faz parte do termo de erro. Como apresentado por Greene (2003), o **estimador de Hausman e Taylor** (1981) para o modelo de EA sugere uma maneira para superar essa dificuldade. O modelo proposto tem a seguinte forma:

$$y_{it} = x'_{1it} \beta_1 + x'_{2it} \beta_2 + z'_{1i} \alpha_1 + z'_{2i} \alpha_2 + \varepsilon_{it} + u_i,$$

em que  $\beta = (\beta'_1, \beta'_2)'$  e  $\alpha = (\alpha'_1, \alpha'_2)'$ . Nessa estrutura fica estabelecido que os efeitos individuais  $z_i$  são observados e os efeitos não observados fazem parte do termo de erro e são representados pelo componente aleatório  $u_i$ . No modelo são identificados quatro conjuntos de variáveis observadas:

- $x_{1it}$  tem  $K_1$  variáveis que são variáveis no tempo e não correlacionadas com  $u_i$ ,
- $x_{1i}$  tem  $L_1$  variáveis que são invariantes no tempo e não correlacionadas com  $u_i$ ,
- $x_{2it}$  tem  $K_2$  variáveis que são variáveis no tempo e correlacionadas com  $u_i$ ,
- $x_{2i}$  tem  $L_2$  variáveis que são invariantes no tempo e correlacionadas com  $u_i$ ,

As seguintes suposições são feitas sobre o modelo:

$$E[u_i] = E[u_i | x_{1it}, z_{1i}] = 0, \text{ embora } E[u_i | x_{2it}, x_{2i}] \neq 0$$

$$Var[u_i | x_{1it}, z_{1i}, x_{2it}, z_{2i}] = \sigma_u^2$$

$$Cov[\varepsilon_{it} u_i | x_{1it}, z_{1i}, x_{2it}, z_{2i}] = 0$$

$$Var[\varepsilon_{it} + u_i | x_{1it}, z_{1i}, x_{2it}, z_{2i}] = \sigma^2 = \sigma_\varepsilon^2 + \sigma_u^2$$

$$\text{Var}[\varepsilon_{it} + u_i, \varepsilon_{is} + u_i \mid x_{1it}, z_{1i}, x_{2it}, z_{2i}] = \rho = \sigma_u^2 / \sigma^2 .$$

O fato de as variáveis  $x_2$  e  $z_2$  serem correlacionadas com o termo erro, impõe que os estimadores do modelo sejam inconsistentes quando estimados por MQO e MQG. Hausman e Taylor (1981) apresentam a seguinte lógica de procedimento para encontrar estimadores consistentes, porém ineficientes, usando uma regressão com variáveis instrumentais:

- transformar cada observação da variável a partir da subtração da média no grupo;
- regredir sobre a variável dependente às variáveis independentes por MQO, mesmo com a correlação entre  $x_2$  e  $u$ ;
- estimar a regressão proposta pelos autores assumindo que o conjunto de desvios em torno da média da seção cruzada para as variáveis  $x_1$  e  $x_2$  será usado como variável instrumental para encontrar  $(\beta, \alpha)$ , além das variáveis instrumentais  $z_1$  e  $z_2$  apresentadas pelo modelo.

Segundo Greene (2003), com a transformação das variáveis remove-se do modelo a parte do termo de erro que está correlacionado com  $x_{2it}$ . O modelo de MQGF é o melhor modelo de estimação no caso de um modelo de EA usando variáveis instrumentais, pois seus estimadores serão consistentes, mas ineficientes.

#### **5.2.4. Estimação usando o Método dos Momentos Generalizados (MMG)**

O processo de estimação, via Método dos Momentos Generalizados (MMG), sugere que o parâmetro desconhecido de uma equação linear será estimado combinando momentos populacionais, que são funções de parâmetros desconhecidos, com momentos amostrais apropriados. O passo inicial é o de definir as condições de momento, dada por  $E(f(x_t, \theta)) = 0$ , em que  $x_t$  representa uma amostra de regressores para determinado período T de tempo, da qual se

quer estimar um vetor  $p \times 1$  de parâmetros  $\theta$  desconhecidos e  $f(x_t, \theta)$  é uma função vetorial de  $\theta$ .

A estimação do vetor  $\theta$  será feita levando em consideração as condições de momentos. Caso  $q = p$ , tem-se que  $\theta$  é exatamente identificado pelas condições de momento. A solução desse conjunto de equações dará o valor de  $\theta$  que satisfaz as condições de momento e que poderá ser o verdadeiro valor do parâmetro populacional. A estimação pelo MMG é usada quando os parâmetros  $\theta$  são sobre-identificados pelas condições de momento. Com os argumentos acima, é definida a função critério como

$$Q_T(\theta) = f_T(\theta)' A_T f_T(\theta),$$

em que  $A_T$  é uma matriz definida como positiva. Tem-se que o estimador de MMG de  $\theta$  é dado por

$$\hat{\theta}_T = \arg \min_{\theta} Q_T(\theta).$$

Seja o modelo econométrico estabelecido pela equação (18) em que

$$y_{it} = x_{it}\beta + u_{it}, \text{ com } u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}.$$

Assume-se que  $E(\alpha_i) = 0$  e  $E(\varepsilon_{it}) = 0$ , para qualquer  $i$  e  $t$ ; assim como  $E(u_{it}) = 0$  e mantém-se a suposição i.i.d para a distribuição dos dados amostrais. De acordo com Mátyás (1999), a equação (18) pode ser reescrita usando, para tal, o fato de que uma única variável  $c_{it}$  ou vetor de linha  $d_{it}$ , podem ser denotados por  $c_i \equiv (c_{i1}, \dots, c_{iT})'$  e  $D_{it} \equiv (d'_{i1}, \dots, d'_{iT})'$ . Conseqüentemente,  $y_i$  e  $X_i$  denotam a matriz de dados de  $T$  linhas. Em adição, para algum vetor  $c_i$  ( $T \times 1$ ) ou matriz  $D_i$  ( $T \times k$ ), denota  $c \equiv (c'_1, \dots, c'_N)'$  e  $D \equiv (D'_1, \dots, D'_N)'$ . Dessa forma,  $y$  e  $X$

denotam a matriz de dados de  $NT$  linhas. A nova forma de escrever a equação (18) é dada por:

$$y_i = X_i\beta + u_i, \text{ com } u_i = e_T \otimes \alpha_i + \varepsilon_i,$$

em que  $e_T$  é um vetor ( $T \times 1$ ) de uns, e todas as  $NT$  observações como  $y = X\beta + u$ .

O modelo de MMG não faz nenhuma especificação sobre suposição de exogeneidade estrita entre os regressores e o termo de erro  $\varepsilon_i$ . É assumido apenas que existe um conjunto de  $T \times k$  instrumentos  $Z_i$  que satisfaz a condição de momento  $E(Z_i'u_i) = 0$ , e a condição de identificação, em que  $\text{rank}(E(Z_i'X_i)) = p$ . Sob condição de momento e de  $\text{rank}$ , um estimador consistente e eficiente pode ser estimado para  $\beta$  pela minimização da função de critério dada por  $N(y - X\beta)'Z(V_N)^{-1}Z'(y - X\beta)$ , em que  $V_N$  é alguma estimativa consistente de  $V \equiv E(Z_i'u_iu_i'Z_i)$ .

Uma escolha simples para  $V_N$  é  $N^{-1} \sum_{i=1}^N Z_i'\hat{u}_i\hat{u}_i'Z_i$ , em que  $\hat{u}_i = y_i - X_i\hat{\beta}$  e  $\hat{\beta}$  é um estimador como o MQ2E. A solução da minimização da função de critério leva ao estimador de MMG dado por:

$$\hat{\beta}_{MMG} \equiv [X'Z(V_N)^{-1}Z'X]^{-1} X'Z(V_N)^{-1}Z'y.$$

Segundo Baum (2006), o estimador de MQ2E pode ser considerado um estimador de MMG, com uma matriz de pesos sub-ótima quando os erros não são i.i.d. Ascari e Cosmo (2004), Calderon e Servén (2003), Mendes (2005) justificam o uso do MMG pela suposição da ausência de exogeneidade estrita das variáveis explicativas.

### 5.2.5. O estimador MMG para dados de painel dinâmico

A literatura sobre crescimento econômico tem desenvolvido métodos sofisticados de estimação usando séries temporais e dados em painel. Esses métodos modernos contribuem para que os pesquisadores vençam as dificuldades encontradas na estimação de regressões sobre o crescimento. Problemas ligados a erros de mensuração, omissão de variáveis e endogeneidade dos regressores são freqüentemente discutidos nos artigos, pois acarretam vieses de estimação e perdas qualitativas das estimativas.

Segundo Bond et al. (2001), uma forma encontrada para solucionar o problema é fazer uso de estimadores gerados pelo MMG em primeira diferença, aplicados para modelos dinâmicos. Esse estimador foi originalmente desenvolvido por diversos autores, referidos por Bond et al. (2001).

Como forma de capturar as relações entre os determinantes da PTF com base em dados de painel dinâmico utiliza-se, neste trabalho, estimadores de momentos generalizados (MMG) em primeira diferença para modelos de regressão linear auto-regressivos, na presença de efeito específico não observado (efeitos fixos). A idéia básica é estimar um sistema de equações em nível e em primeira diferença, cujos instrumentos são as diferenças defasadas das séries correspondentes.

#### 5.2.5.1. MMG em primeira diferença

Considere um modelo  $AR(1)$  com efeitos específicos individuais não observados:

$$PTF_{it} = \alpha PTF_{it-1} + \eta_i + v_{it} \quad |\alpha| < 1, \quad (27)$$

com  $i = 1, \dots, N$ , e  $t = 1, 2, \dots, T$ , em que  $\eta_i + v_{it} = u_{it}$  tem a seguinte estrutura de decomposição de erro:

$$E[\eta_i] = 0, \quad E[v_{it}] = 0, \quad E[v_{it}\eta_i] = 0 \text{ para } i = 1, \dots, N, \text{ e } t = 1, 2, \dots, T. \quad (28)$$

Assume-se que os erros são serialmente não correlacionados:

$$E[v_{it}v_{is}] = 0 \text{ para todo } i = 1, \dots, N \text{ e } s \neq t, \quad (29)$$

e que as condições iniciais de  $PTF_{it}$  são predeterminadas:

$$E[PTF_{it}v_{it}] = 0 \text{ para } i = 1, \dots, N \text{ e } t = 2, \dots, T, \quad (30)$$

ao mesmo tempo, esta suposição implica o seguinte:  $m = 0,5(T-1)(T-2)$  restrições de momento,

$$E[PTF_{it-s}\Delta v_{it}] = 0, \text{ para } t = 3, \dots, T \text{ e } s \geq 2, \quad (31)$$

que pode ser escrito de forma mais compactada como:

$$E[Z_i'\Delta v_i] = 0; \quad (32)$$

em que  $Z_i$  é a matriz  $(T-2) \times m$  e  $\Delta v_i$  é o vetor  $(\Delta v_{i3}, \Delta v_{i4}, \dots, \Delta v_{iT})'$ . Essas são as restrições de momento para o estimador MMG em primeira diferença. Os instrumentos usados pelas equações em primeira diferença são as defasagens em dois períodos das séries em nível.

No entanto, Blundell e Bond (1998) chegaram à conclusão que os estimadores MMG em primeira diferença tem propriedades amostrais fracas, em termo de viés e imprecisões. Afirmam que isto ocorre quando as defasagens das séries em nível são fracamente correlacionadas com as primeiras diferenças subsequentes.

### 5.2.5.2. MMG sistema

Considere um estimador que possa ter propriedades amostrais finitas superiores, fazendo-se a suposição adicional a seguir:

$$E[\eta_i \Delta PTF_{i2}] = 0 \text{ para } i = 1, \dots, N. \quad (33)$$

Segundo Blundell e Bond (1998), esta suposição requer uma restrição estacionária sobre as condições iniciais de  $PTF_{i1}$ <sup>9</sup>. Ao serem combinadas as equações (27) a (30), esta suposição dará  $T-2$  mais condições de momentos linear,

$$E[u_{it} \Delta PTF_{i,t-1}] = 0 \text{ para } i = 1, \dots, N \text{ e } t = 3, 4, \dots, T. \quad (34)$$

Isso permite o uso das primeiras diferenças defasadas das séries como instrumentos para as equações em nível (ARELLANO; BOND, 1995). Dessa maneira, é possível se construir um estimador MMG com base nas restrições de momento dadas pelas equações (31) e (34). Para tal, basta construir um sistema com  $(T-2)$  equações em primeira diferença e  $(T-2)$  equações em nível, correspondendo aos períodos  $3, \dots, T$ , para os instrumentos observados.

O estimador MMG sistema combina o conjunto padrão de equações em primeira diferença com níveis defasados adequadamente como instrumentos, com um conjunto adicional de equações em nível com primeiras diferenças defasadas como instrumentos. Nessa técnica de estimação os níveis da  $PTF_{it}$  são necessariamente correlacionados com o efeito específico individual ( $\eta_i$ ). No entanto, a suposição (7) requer que as primeiras diferenças  $\Delta PTF_{it}$  sejam não-correlacionadas com  $\eta_i$ , que as primeiras diferenças defasadas sejam usadas como instrumentos nas equações em nível.

---

<sup>9</sup> A condição (7) é assegurada se as médias da série da  $PTF_{it}$  são constantes em cada período de tempo  $t = 1, 2, \dots, T$ , para cada uma das diferentes unidades de seção cruzada.

Essa técnica requer que sejam feitos testes no vetor de resíduos, com destaque para o teste de especificação de Sargan, que avalia as restrições de sobre-identificação e permite validar as condições de momento e melhor especificação do modelo, corrigindo problemas de variáveis omitidas. A estatística do teste é apresentada no item 5.3.5 da seção a seguir.

A estimação do modelo de dados em painel dinâmico, com base no modelo de EF, via *within-transform*, apresenta problemas pelo fato de a variável dependente defasada ser correlacionada com o termo de erro, o que cria um viés de grandes amostras no estimador da variável dependente defasada, quando se aumenta o tamanho de grupos (N).

Diante desse problema, Arellano e Bond (1991) propõem diferenciar todas as variáveis da equação original que contém a variável dependente defasada como regressor. Neste caso, a equação do modelo dinâmico transformada para primeira diferença, remove o efeito individual e qualquer termo constante da equação, passando a ser expressa por:

$$\Delta PTF_{it} = \rho \Delta PTF_{it-1} + \Delta X_{it} \beta_i + \Delta \varepsilon_{it}.$$

Nessa formulação ainda existe correlação entre a variável dependente defasada diferenciada e o novo termo de erro. Esse modelo pode ser estimado usando VI, tomando como instrumentos a variável dependente defasada de dois ou três períodos, de forma que esses termos defasados sejam fortemente correlacionados com a variável dependente defasada, mas não correlacionados com o termo de erro, desde que este seja i.i.d. (BAUM, 2006).

No entanto, Arellano e Bond (1991) afirmam que o processo de estimação usando VI não explora toda a informação disponível na amostra, o que pode ser alcançado usando o MMG para encontrar estimadores mais eficientes, usando níveis defasados da variável dependente e das variáveis predeterminadas, além das diferenças das variáveis estritamente exógenas. Nesse caso, o estimador é conhecido como MMG em diferença. O modelo assume que não existe auto-correlação de segunda ordem para os erros (STATA, 2007).

A idéia subjacente ao modelo de Arellano e Bond é a de que a abordagem de variáveis instrumentais não explica toda a informação disponível na amostra, necessitando ser complementada com as informações da variável dependente em um passado recente.

### 5.3. Testes estatísticos para os modelos de dados em painel

#### 5.3.1. Teste para efeitos aleatórios

Breusch e Pagan (1980) apresentaram um teste multiplicador de Lagrange (LM) para testar a hipótese nula de que a variância das seções cruzadas é zero. Ao rejeitar, assume-se que o modelo estimado por *pooled* MQO não é o mais adequado. A estatística LM será obtida pela equação a seguir e apresenta distribuição qui-quadrado com um grau de liberdade:

$$LM = \frac{nT}{2(T-1)} \left[ \frac{T^2 \bar{e}' \bar{e}}{e'e} - 1 \right]^2 \sim \chi^2(1),$$

em que  $T$  é o número de anos,  $n$  é o número de seções cruzadas,  $e$  é o vetor de o vetor de resíduos do modelo de MQO e  $\bar{e}$  é o vetor  $n \times 1$  da média dos resíduos de um grupo específico do modelo *pooled*.

Baltagi (2001) apresentou o mesmo procedimento de teste para hipótese nula de que a variância do efeito do tempo da componente do termo de erro é zero, com a seguinte expressão para a estatística LM:

$$LM = \frac{nT}{2(T-1)} \left[ \frac{\sum (T \bar{e}_{i \cdot})^2}{\sum \sum e_{it}^2} - 1 \right]^2 \sim \chi^2(1)$$

### 5.3.2. Teste de Hausman: efeitos fixos *versus* efeitos aleatórios

Após encontrar os estimadores da equação de interesse, usando o modelo de EF e o de EA, procura-se identificar o melhor modelo. Segundo Greene (2003), existem poucas justificativas para tratar os efeitos individuais como não-correlacionados com os outros regressores, como é assumido no modelo de EA. Daí ser preciso avaliar a consistência da pressuposição do modelo EA.

O teste de especificação do modelo proposto por de Hausman (1978) será realizado para testar a ortogonalidade dos efeitos aleatórios e os regressores. A lógica do teste é a de que, sob a hipótese nula de não-correlação, o modelo de MQO, MQVD e Mínimos Quadrados Generalizados (MQG) são consistentes, mas o MQO é ineficiente, enquanto que a hipótese alternativa, o MQO é consistente, mas o MQG não é. Segundo Verbeek (2000), na prática, o teste de Hausman avalia se os estimadores de EF e EA são significativamente diferentes.

A estatística do teste é obtida a partir da equação a seguir:

$$H = (\hat{\beta}_{EA} - \hat{\beta}_{EF})' (\sum_{EF} - \sum_{EA})^{-1} (\hat{\beta}_{EA} - \hat{\beta}_{EF}),$$

em que  $\hat{\beta}_{EA}$  denota o vetor de coeficientes estimados pelos EA;  $\hat{\beta}_{EF}$ , o vetor de coeficientes estimados por EF, e  $\sum_{EF}$  e  $\sum_{EA}$  representam as matrizes de covariância dos modelos de EF e EA, respectivamente. A estatística  $H$  apresenta distribuição assintótica que se aproxima de uma distribuição *Qui-Quadrado* ( $\chi_k^2$ ) com  $k$  graus de liberdade sob a hipótese nula que o estimador de EA é correto e  $k$  refere-se ao número de parâmetros estimados, excluindo o termo constante.

### 5.3.3. Teste de heterocedasticidade

A heterocedasticidade é resultante do fato de a variância do termo de erro não ser constante entre as observações de seções cruzadas. Em relação às seções

cruzadas, aqui representadas pelos estados, as diferentes características de cada um podem levar à presença de heterocedasticidade nos termos de erro. É importante frisar que na presença de heterocedasticidade e autocorrelação os estimadores de mínimos quadrados continuam consistentes e não-viesados, porém não são eficientes, por não apresentarem variância mínima. Os testes para detectar heterocedasticidade e autocorrelação serão realizados sobre os resíduos gerados pela aplicação do MQO.

### **5.3.3.1. Teste de Wald modificado para heteroscedasticidade para os grupos (*Groupwise*) no modelo de EF**

Esse teste, viabilizado por Baum (2006), faz parte do conjunto de testes disponibilizados no *software Stata*. Calcula a estatística de Wald modificada, violando a suposição de que os erros são distribuídos normalmente em torno da média. A hipótese nula do teste é a de que a variância do erro é homocedástica,  $\sigma_i^2 = \sigma^2$ ,  $i = N_g =$  número de seções cruzadas ou grupos. A estatística de teste resultante apresenta uma distribuição qui-quadrado com  $N_g$  graus de liberdade.

### **5.3.3.2. Testes de Bartlett, Levene e Brown-Forsythe**

Nesse teste, a hipótese nula é de que os grupos apresentam a mesma variância e são independentes entre si, contra a hipótese alternativa de que pelo menos um dos grupos apresenta variância diferente dos demais. As estatísticas de teste variam de acordo com as suposições sobre a distribuição dos erros. O teste de Bartlett assume que os grupos amostrados são distribuídos normalmente. A estatística do teste segue uma distribuição qui-quadrado com um grau de liberdade (EVIEWES, 2004). O teste de Levene é baseado na análise de variância (ANOVA) da diferença de médias. A estatística para o teste tem uma distribuição aproximadamente  $F$  com um grau de liberdade no numerador e  $N-G$  (grupos) graus de liberdade no denominador. Já o teste de Brown-Forsythe é uma

modificação do teste de Levene, em que a diferença absoluta é encontrada entre as medianas. Esse teste é mais robusto do que os anteriores.

#### **5.3.4. Teste de autocorrelação**

A autocorrelação deve-se ao fato de o termo de erro em um período estar correlacionado com um período anterior. No presente estudo é importante avaliar a presença de correlação, uma vez que os efeitos das políticas de incentivo fiscal à produção e ao capital – conduzidas pelos órgãos de planejamento regional e gestão de políticas públicas para a região da Amazônia Legal (SUDAM, SUFRAMA e BASA) –, e das políticas de estabilização macroeconômica adotadas pelo Governo Federal, não têm seus efeitos dissipados em um período curto de tempo.

O teste utilizado foi o teste LM de Wooldridge que consiste em regredir a série de resíduos obtidos pela equação de regressão de interesse pelos regressores dessa mesma equação, mais os resíduos defasados  $p$  vezes. Em seguida, é feito um teste de significância dos termos defasados usando a estatística  $nR^2 \sim \chi_p^2$ . O teste tem como vantagem a aferição dos processos estocásticos  $AR(p)$ , e como desvantagem, o fato de ter seu poder estatístico intimamente ligado à escolha do tamanho da defasagem  $p$ . A hipótese nula  $H_0$  é a de que todos os coeficientes dos termos defasados são iguais a zero, ou seja, não há autocorrelação de ordem alguma (WOOLDRIDGE, 2002).

#### **5.3.5. Teste da restrição de sobre-identificação: Sargan e Hansen**

A hipótese nula conjunta é a de que os instrumentos usados no modelo com variáveis instrumentais são válidos, ou seja, atendem à condição de ortogonalidade, onde eles são correlacionados com as variáveis endógenas, porém, não correlacionados com o termo de erro. A estatística de teste é distribuída como qui-quadrado com número de restrições de sobre-identificação.

No caso de rejeição da hipótese nula, coloca-se em dúvida a validade dos instrumentos usados. Esses testes são importantes no momento da estimação do modelo econométrico usando o método de MQ2E, MMG e no processo de estimação de modelos dinâmicos em painel, formulado por Arrelano e Bond (1991).

Segundo Baum et al. (2003), o teste de Hansen, conhecido como teste J, pode ser usado para avaliar a especificação correta do modelo e a condição de ortogonalidade. A estatística de Sargan é um caso especial da estatística J de Hansen sob a suposição de homocedasticidade, enquanto o teste J assume a condição de heteroscedasticidade e autocorrelação dos termos de erro idiossincráticos.

No caso de MQ2E, usa-se a estatística de Sargan, tipicamente calculada como uma estatística LM de  $NR^2$  de uma grande amostra da distribuição  $\chi^2(r)$ , em que  $r$  é o número de restrições de sobre-identificação. O teste mostra que a regressão dos resíduos do modelo VI sobre as variáveis tomadas como instrumento não deve ser significativo, indicando que as VI estão correlacionadas com os erros  $e$ , dessa maneira, os instrumentos são válidos.

No caso da estimação dos coeficientes pelo método MMG, a estatística do teste a ser realizado é a de Hansen, só que agora os instrumentos exógenos são expressos com um conjunto de condições de momento  $E(zu) = 0$ , em que a condição i.i.d não é satisfeita, e o interesse é encontrar o estimador do vetor de coeficientes que minimiza a equação  $J(\hat{\beta}_{MMG}) = N \bar{g}(\hat{\beta}_{MMG})' W \bar{g}(\hat{\beta}_{MMG})$ , em que  $W$  é uma matriz de peso dos momentos amostrais que considera a correlação entre  $\bar{g}(\hat{\beta}_{MMG})$  quando os erros não são i.i.d (BAUM, 2006).

### **5.3.6. Teste de raiz unitária para dados em painel**

A avaliação da estacionariedade das variáveis é realizada conforme o efetuado por Dias e Dias (2004, 2005 e 2007), em que o processo gerador da série é um passeio aleatório:

$$y_{it} = \rho_i y_{it-1} + \varepsilon_{it}, \quad (35)$$

com  $|\rho_i| < 1$ . Subtraindo-se  $y_{it-1}$  de ambos os lados da equação (35), temos:

$$y_{it} - y_{it-1} = \rho_i y_{it-1} - y_{it-1} + \varepsilon_{it}, \quad (36)$$

assumindo que,  $x_{it}$  da equação (18) é igual a  $y_{it-1}$  e que  $y_{it} - y_{it-1} = \Delta y_{it}$ , a equação (36) pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + (\rho_i - 1)y_{it-1} + \varepsilon_{it}. \quad (37)$$

Ao fazermos

$$(\rho_i - 1) = \beta_i,$$

temos:

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \beta_i y_{it-1} + \varepsilon_{it}. \quad (38)$$

A hipótese nula para testar a estacionariedade das variáveis no modelo econométrico da equação (38) é a de que  $H_0: \beta_i = 0$ . Caso a hipótese nula não seja rejeitada, tem-se  $\rho_i = 1$ , garantindo que a série é não estacionária, ou seja, que o valor presente da série é completamente explicado pelo seu passado.

A importância do teste de raiz unitária reside no fato de que, se as séries utilizadas no modelo de regressão não forem estacionárias, duas situações podem levar a interpretações errôneas sobre os efeitos parciais de cada variável explicativa, quais sejam: estimadores não eficientes e a presença de correlação espúria.

No caso de séries temporais simples, tem-se que o teste *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) é usado com maior frequência entre os vários processos

disponíveis para avaliar se uma série é estacionária. Em síntese, o teste ADF consiste em estimar a equação (39) usando MQO para obter o valor estimado para  $\beta$  e o erro padrão associado. A estatística  $t$  obtida é comparada com os valores da estatística de *Dickey-Fuller* encontrados para os casos em que  $a_0 = a_2 = 0$  (usar estatística  $\tau$ ); se  $a_2 = 0$  (usar estatística  $\tau_\mu$ );  $a_0 \neq 0$  e  $a_2 \neq 0$  (usar estatística  $\tau_t$ ). A hipótese nula é a de que  $\beta = 0$ .

$$\Delta y_t = a_0 + \beta y_{t-1} + a_2 t + \sum_{i=2}^p \delta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t, \quad (39)$$

em que:  $\gamma = -(1 - \sum_{j=1}^p a_j)$  e  $\beta_i = -\sum_{j=1}^p a_j$ .

O teste de hipótese proposto é configurado da seguinte forma:  $H_0 : \beta = 0$  versus  $H_1 : \beta < 0$ . O poder do teste ADF está diretamente ligado ao número de defasagens ou *lags*. O uso excessivo de defasagens reduzirá o número de graus de liberdade, por outro lado, menos defasagens poderão resultar em um viés de omissão de variável relevante (GUJARATI, 2000), o que acaba por comprometer o desempenho da previsão do modelo.

A seleção do número de *lags* pode ser feita usando os critérios tradicionais de Akaike (AIC) e Schwartz (SBC). Para Enders (2004), na prática, o SBC é mais parcimonioso do que o critério AIC. Ademais, o teste ADF faz forte suposição de que os erros são independentes e tem variância constante.

Na modelagem de dados em painel o processo de avaliação da estacionariedade das variáveis observadas no tempo, em cada seção cruzada pode ser feito agrupando as estimativas obtidas para  $\beta$  em cada uma das séries e daí testar o valor obtido para o grupo, esse procedimento eleva o poder do teste ADF. Segundo Enders (2004), a sustentação teórica para tal procedimento reside no fato de que,

... se você tem  $n$  estimadores independentes e não-viesados de um parâmetro, a média das estimativas é também não-viesada ...E mais, com o fato de as estimativas serem independentes, o teorema do limite central sugere que a média amostral será normalmente distribuída em torno da verdadeira média.

Segundo Maddala e Wu (1999), o uso de dados em painel ajuda a aumentar o poder dos testes de raiz unitária em relação aos testes realizados em séries temporais simples, tais como: Dickey-Fuller (DF), *Augmented Dickey-Fuller* (ADF), Phillips-Perron (PP) e outros.

### 5.3.6.1. Teste de Hadri

O teste de Hadri é baseado nos resíduos, usando um Multiplicador de Lagrange (LM) para testar a hipótese nula de que as observações das séries individuais são estacionárias em torno de um nível determinístico ou em torno de uma tendência determinística; contra a hipótese alternativa de pelo menos uma raiz unitária nos dados em painel (HADRI, 2000) e aplicados para painéis com  $T$  grande e  $N$  moderado.

Considere os modelos abaixo formulados por Hadri (2000):

$$y_{it} = r_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (40)$$

e

$$y_{it} = r_{it} + \beta_i t + \varepsilon_{it}, \quad (41)$$

aqui  $r_{it}$  é um caminho aleatório (*random walk*),

$$r_{it} = r_{it-1} + u_{it},$$

em que  $y_{it}$ ,  $t=1, \dots, T$  e  $i=1, \dots, N$  são observações das séries a serem testadas se são estacionárias para todo  $i$ , além de  $\varepsilon_{it}$  e  $u_{it}$  serem normais e mutuamente independentes e i.i.d para  $i$  e  $t$  com  $E(\varepsilon_{it})=0$ ,  $E(\varepsilon_{it}^2)=\sigma_\varepsilon^2 > 0$ ,  $E(u_{it})=0$  e  $E(\sigma_u^2)=\sigma_u^2 \geq 0$ .

As variâncias dos resíduos dos modelos de regressão das equações (40) e (41), o primeiro com intercepto e o segundo com intercepto e tendência linear, podem ser obtidos por:

$$\hat{\sigma}_{\varepsilon^\mu}^2 = \frac{1}{N(T-1)} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \varepsilon_{it}^{\mu 2}$$

e

$$\hat{\sigma}_{\varepsilon^\tau}^2 = \frac{1}{N(T-2)} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \varepsilon_{it}^{\tau 2}.$$

A soma acumulada dos resíduos é dada por:

$$S_{it}^l = \sum_{j=1}^l \hat{\varepsilon}_{ij}^l, \quad i = \mu, \tau.$$

A estatística LM no caso do termo de erro ser homocedástico entre as seções cruzadas pode ser escrita como:

$$LM1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\frac{1}{T^2} \sum_{t=1}^T S_{it}^{l2}}{\hat{\sigma}_{\varepsilon}^2} \right].$$

A estatística quando os termos de erro são heterocedásticos entre as seções cruzadas é obtida por:

$$LM1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\frac{1}{T^2} \sum_{t=1}^T S_{it}^{l2}}{\hat{\sigma}_{\varepsilon,i}^2} \right].$$

Hadri (2000) apresenta as seguintes estatísticas padronizadas para LM:

$$Z_{\mu} = \frac{\sqrt{N}(LM_{\mu} - \zeta_{\mu})}{\zeta_{\mu}}, \text{ converge em distribuição para } N(0,1)$$

e

$$Z_{\tau} = \frac{\sqrt{N}(LM_{\tau} - \zeta_{\tau})}{\zeta_{\tau}}, \text{ converge em distribuição para } N(0,1).$$

A média e a variância da variável aleatória  $Z_{\mu}$  são  $\zeta_{\mu} = \frac{1}{6}$  e  $\zeta_{\mu}^2 = \frac{1}{45}$ , respectivamente. A média e a variância da variável aleatória  $Z_{\tau}$  são  $\zeta_{\tau} = \frac{1}{15}$  e  $\zeta_{\tau}^2 = \frac{11}{6300}$ , respectivamente. Os valores tabelados da estatística  $z$  foram apresentados por Hadri (2000) para  $N = 15; 25; 50$  e  $100$  e  $T = 10; 15; 25; 50$  e  $100$ , após realizar simulações usando o modelo Monte Carlo.

### 5.3.6.2. Teste de Im, Pesaran e Shin (IPS)

É uma extensão do teste ADF usado em estruturas de dados em painel. Para cada série aplica-se o teste ADF estimando-se a equação (42) a seguir:

$$\Delta y_{it} = a_{i0} + \beta_i y_{it-1} + a_{i2}t + \sum_{j=1}^{p_i} \delta_{ij} \Delta y_{it-1} + \varepsilon_{it}, \quad (42)$$

com  $i = 1, \dots, n$

Com os valores de  $\beta$  em uma dada seção cruzada e a estatística  $t_i$ , é possível obter a média amostral de  $t_i$  por:

$$\bar{t} = (1/n) \sum_{i=1}^n t_i,$$

e estatística de teste  $z_{tbar}$  dada por:

$$Z_{tbar} = \frac{\sqrt{n}[\bar{t} - E(\bar{t})]}{\sqrt{Var(\bar{t})}},$$

em que  $E(\bar{t})$  e  $Var(\bar{t})$  denotam a média e a variância de  $\bar{t}$ . Ademais, espera-se que, se as estimativas de MQO dos vários  $t_i$  são não-viesadas, o valor de  $E(\bar{t})$  será zero. Como apresentado por Enders (2004), Im et al. (IPS) calcularam os valores de  $E(\bar{t})$  e  $Var(\bar{t})$  com base em simulações usando o método de Monte Carlo e mostraram que a estatística  $z_{tbar}$  tem distribuição normal padronizada assintótica. Segundo Maddala e Wu (1999), o teste assume que  $T$  é o mesmo para todas as unidades de seção cruzada e  $E(\bar{t})$  e  $Var(\bar{t})$  são os mesmos para todas as unidades, com efeito, só é possível usar o teste IPS nos casos em que o painel é balanceado.

A lógica do teste de hipótese, proposto por IPS, assume como hipótese nula  $z_{tbar} = 0$  contra a hipótese alternativa de que pelo menos um valor de  $\beta$  difere de zero, ou seja,  $H_0 : \beta = 0$  versus  $H_1 : \beta < 0$ . Isto é, se a média amostral da estatística  $t$  é significativamente diferente, pelo menos um dos valores de  $\beta$  é estatisticamente diferente de zero. Os valores críticos selecionados para o teste IPS são apresentados por Im et al. (2003), conforme o número de séries ( $n$ ) e o tamanho das observações ( $T$ ) no caso de a série incluir, ou não, a tendência como componente do processo gerador da série temporal.

Segundo Giulietti et al. (2006), Im et al. (2003) e Enders (2004), o teste IPS assume que as seções cruzadas são independentes entre as séries de tempo individual, no entanto, os resíduos da equação individual são contemporaneamente correlacionados, isto é,  $E(\varepsilon_{it} \varepsilon_{jt}) \neq 0$ . Os autores afirmam que o teste IPS apresenta severas distorções na presença de dependência entre as seções cruzadas.

Na presença de correlação contemporânea, a estratégia é subtrair o efeito de tempo comum em cada observação. Para um período  $t$  o valor médio de cada série é dado por:

$$\bar{y}_t = (1/n) \sum_{i=1}^n y_{it} ,$$

e a nova série  $y_{it}^*$  é obtida por:

$$y_{it}^* = y_{it} - \bar{y}_t .$$

A equação estimada para o teste de raiz unitária é construída a partir da nova série  $y_{it}^*$ , corrigida a correlação serial e contemporânea. No entanto, segundo Enders (2004), o processo de correção no caso de correlação entre as equações não assegura que a correlação será completamente eliminada, o que mostra a fragilidade do método.

### 5.3.6.3. Teste de Fisher

Este teste usa os níveis de significância (valor- $p$ ) obtidos pelos testes ADF, aplicados a cada uma das séries de seção cruzada. Os níveis de significância  $\pi_i$  ( $i=1,2,\dots,N$ ) são variáveis com distribuição uniforme independente.  $U(0,1)$  e  $-2\log_e \pi_i$  tem uma distribuição  $\chi^2$  com dois graus de liberdade. Este teste é uma diferente forma de combinar os níveis de significância, como fez Tippett (*apud* MADDALA; WU, 1999), que utilizou a distribuição dos menores valores de  $\pi_i$ . O mais freqüentemente utilizado é o teste de Fischer baseado na soma dos logaritmos dos valores de  $\pi_i$ .

A vantagem deste teste é que ele não requer que o painel seja balanceado. Também pode usar diferentes tamanhos de defasagem nas regressões individuais usando o ADF. Outra vantagem do teste é que ele pode ser realizado usando outros testes de raiz unitária.

Ao comparar os testes IPS e Fischer, têm-se as seguintes observações (MADDALA; WU, 1999):

- a) ambos referem-se a uma combinação da significância de diferentes testes independentes;
- b) o teste IPS é paramétrico, enquanto o de Fischer é não-paramétrico;
- c) o teste IPS é um teste assintótico, já o teste de Fischer é exato. Para o teste IPS, o resultado assintótico depende de  $N$  ir para o infinito, enquanto o de Fischer depende de  $T$  ir para o infinito;
- d) o principal elemento de distinção entre o teste IPS e Fischer é o fato do teste de Fischer ser baseado na combinação dos níveis de significância dos diferentes testes, e o IPS ser baseado na combinação do teste estatístico  $t$ ;
- e) os testes são baseados na combinação de testes independentes. Logo, se existir correlação contemporânea, então existe correlação entre os testes estatísticos individuais.

Em simulações realizadas por Maddala e Wu (1999), usando o método de Monte Carlo para séries estacionárias e não estacionárias, observou-se que:

- a) no caso da não existência de correlação dos erros entre as seções cruzadas, o teste IPS é um pouco mais potente que o teste de Fischer, por isso o IPS tem maior poder quando as séries têm o mesmo tamanho;
- b) no caso de heterocedasticidade e correlação serial nos resíduos, os dois testes podem cuidar deste problema, porém quando os erros nas diferentes seções cruzadas são correlacionados, nenhum dos testes contempla esse problema. No entanto, os resultados provenientes do processo de Monte Carlo sugerem que esse problema é menos severo no teste de Fischer, especificamente quando  $T$  é maior que  $N$ .

Como exposto acima, os procedimentos dos testes de raiz unitária objetivam analisar o processo gerador das séries no que tange à estabilidade das variâncias, controlando características ligadas a autocorrelação e correlação contemporânea.

## 5.4. Índice de infra-estrutura

Para a construção de um índice sintético de Infra-Estrutura, foi utilizada a Análise Fatorial nos componentes principais. A Análise de Componentes Principais (ACP) tem como objetivo explicar a estrutura de variância e covariância, ou seja, as correlações entre variáveis, por meio de umas poucas combinações lineares das variáveis originais.

Algebricamente, componentes principais são combinações lineares  $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$  formadas a partir de um conjunto de variáveis originais  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , representado por:

$$Y_i = \ell_{i1}X_1 + \ell_{i2}X_2 + \dots + \ell_{ip}X_p$$

com  $i = 1, 2, 3, \dots, p$  em que  $\sum_{j=1}^n \ell_{ij}^2 = 1$ .

A primeira componente principal é a combinação linear com a máxima variância (Var), assim,  $Var(Y_1) \geq Var(Y_2) \geq \dots \geq Var(Y_p)$ . Outra característica da variável  $Y_i$  é que as combinações lineares não são correlacionadas e a somatória da variância das componentes principais é igual à somatória da variância das variáveis originais.

Os coeficientes  $\ell_{ij}$  representam o nível de relação entre variável original e a componente principal, representando um efeito parcial sobre a componente gerada. A denominação ou categorização de cada componente é feita levando-se em consideração as maiores relações obtidas pelas combinações lineares para cada componente principal.

O número de componentes a serem usados na análise corresponde ao número de componentes, que captam pelo menos 70% da porcentagem da variância dos dados. Esse percentual é uma referência prática, de acordo com Johnson e Wichern (2001), Zambrano e Lima (2004) e Mingoti (2005).

A análise de fator é uma técnica estatística multivariada, que tem como objetivo descrever o comportamento de um conjunto de variáveis por meio de um número menor de variáveis denominadas “fatores”; cada fator apresenta um padrão distinto de movimento entre as variáveis, que será interpretado logicamente.

A técnica de componentes principais será utilizada na construção de um índice sintético que sumariza as dimensões da variável exógena Infra-Estrutura, ao invés de usar as variáveis simples Telefone e Estradas. Calderon e Servén (2003) fizeram uso dessa técnica quando da geração de indicadores sintéticos, qualitativo e quantitativo, para o conjunto de setores representativos da Infra-estrutura, para países da América Latina. Ascari e Cosmo (2004) construíram indicador *proxy* para o Capital Social, com base em dados sobre ações judiciais trabalhistas, número de títulos protestados e estatísticas de crime, usando a técnica de componentes principais.

Na análise fatorial, cada fator explica uma parcela da variância do conjunto de dados, com o fator 1 explicando a maior parcela da variância e os fatores seguintes explicando parcelas cada vez menores, em uma seqüência decrescente.

Segundo Zambrano e Lima (2004), a técnica de análise fatorial é apresentada em quatro etapas.

#### **5.4.1. Matriz de correlações e adequabilidade do modelo à técnica de análise fatorial**

Define-se a matriz de correlações simples entre os indicadores, dada por  $R = XX'$ , em que:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1N} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2N} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'_1 \\ X'_2 \\ \cdots \\ X'_n \end{bmatrix}.$$

Nesta etapa é possível verificar se a amostra de dados utilizada guarda alguma adequabilidade ao método utilizado, de forma que variáveis pouco relacionadas com as demais tenderão a apresentar baixa proporção da variância explicada pelos fatores comuns. Para testar a adequabilidade foram usadas as estatísticas KMO (*Kaiser-Meyer-Olkin*) e o teste de esfericidade de *Bartlett*.

O KMO compara a magnitude dos coeficientes de correlação simples observados com as magnitudes dos coeficientes de correlação parcial, e varia entre zero e um. A estatística KMO é calculada pela expressão a seguir:

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} \sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} \sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} \sum_{i \neq j} a_{ij}^2},$$

em que  $r_{ij}$  é o coeficiente de correlação simples entre as variáveis originais, e  $a_{ij}$  é o coeficiente de correlação parcial entre elas. Neste estudo, usou-se um valor de KMO superior a 0,5 que representa uma adequação, no mínimo, regular, em uma escala de 0 a 1, como apresentado por Pereira (2001).

O teste de *Bartlett* é usado para testar a hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz-identidade. Caso a hipótese seja não rejeitada, deve-se reavaliar o uso da técnica de análise de fator.

#### **5.4.2. Determinação do número de fatores**

A definição do número de fatores a serem utilizados segue como regra utilizar aqueles fatores que apresentam raízes características, ou autovalores, acima da unidade. Além desse critério, Sabbag (2000) recomenda utilizar dois ou três fatores como forma de simplificar as análises.

A comunalidade é uma medida de quanto da variância de uma variável é explicada pelos fatores derivados da análise fatorial (PEREIRA, 2001). É um indicador da eficiência dos fatores em explicar a variabilidade total do conjunto

de dados, sendo que, quanto mais próximo de 1 estiver o seu valor, maior parcela da variância da variável é captada pelo conjunto de fatores considerados.

### 5.4.3. Rotação dos fatores obtidos

A geração dos fatores pela ACP é obtida por sucessivas rotações de eixos que melhor expressam a variação dos dados. Na análise de fator, as variações das medidas estão maximizadas e as relações entre as medições suavizadas. Dessa forma, segundo Zambrano e Lima (2004), espera-se, das medidas que apresentam correlações mais fortes entre si, que estejam dentro de um mesmo fator e apresentem correlação mais fraca com os demais fatores.

O método de rotação ortogonal utilizado é o *varimax*, que busca minimizar o número de variáveis com altas cargas num fator. Esse processo de rotação ortogonal da matriz de fatores não afeta a comunalidade e nem a percentagem de variações explicadas pelos fatores.

### 5.4.4. Cálculo dos escores fatoriais

É a medida assumida para cada observação do conjunto de dados observado e é obtida pela seguinte expressão:

$$F_i = W_{j1}X_1 + W_{j2}X_2 + \dots + W_{jp}X_p,$$

em que  $W_{ij}$  são os coeficientes dos escores fatoriais, ou ponderações para cada uma das variáveis do índice;  $X_i$  variável observada e  $p$  é o número de variáveis.

O escore fatorial permite identificar diferenças espaciais e desenvolver análises comparativas entre as unidades espaciais. Escores fatoriais elevados mostrarão que a observação sofre alta influência de determinado fator (HAIR JR., 1995; MINGOTI, 2005).

## 5.5. Variáveis, fontes de dados e procedimentos

O conjunto de variáveis usadas na estimação dos modelos de determinação da PTF e dos seus condicionantes dela segue os padrões de uso das variáveis *proxies*, devidamente apropriadas em estudos relacionados com o crescimento econômico, em que o objetivo central é o de avaliar as evidências estatísticas dos possíveis determinantes e seus efeitos sobre o produto *per capita* ou sobre a produtividade total.

A construção do conjunto de variáveis *proxies* usadas nos modelos foi pautada pela busca de dados que pudessem representar todos os estados, no período de tempo estabelecido, de maneira a possibilitar a aplicação do modelo de dados em painel e a obtenção de medidas estatísticas condizentes com a realidade da região amazônica. Dessa forma, a coleta de dados junto aos estados ficou limitada, em decorrência da ausência de sistemas de informações que utilizassem a mesma metodologia de coleta e tratamento de dados e produção de informações.

Diante dessas limitações optou-se por realizar a coleta de dados junto ao sistema de dados mantidos pelos seguintes órgãos: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), IPEAData, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), Sistema Nacional de Registro Mercantil (SINREM), Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transporte (DNIT), Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Em relação aos incentivos fiscais, foram usados os valores aplicados pelas instituições públicas responsáveis pela administração do Fundo de Investimento da Amazônia Legal (FINAM) e do Fundo Constitucional do Norte (FNO), gerenciados pela Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), atual Agência de Desenvolvimento da Amazônia (ADA) e Banco da Amazônia (BASA).

## **5.5.1. Variáveis**

### **5.5.1.1. Produto real**

A medida usada como produto real foi o Produto Interno Bruto (PIB), a preços constantes – em R\$ 1.000, a preços de 2000 – deflacionado pelo deflator implícito do PIB nacional, segundo os dados do IBGE, coletado junto ao IPEADData.

### **5.5.1.2. Fator capital físico**

A variável representativa do capital fixo foi a série gerada por Mendes (2005) para a Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) no Brasil, para o período de 1985-2004, usando o método desenvolvido por Young (1995), com base na taxa de crescimento do investimento e uma taxa de depreciação de 5% a.a., que possibilitou estimar o estoque de capital inicial e a obtenção da série. O estoque de capital fixo no Brasil foi calculado em R\$ 1.000, a preços de 2000.

De posse da série FBCF, foi obtida a série para cada um dos estados da Amazônia Legal, tomados ano a ano, como o valor proporcional da FBCF, correspondente a participação do Produto Interno Bruto (PIB) cada estado em relação ao PIB Brasil. Mendes (2005) usou como fator de proporcionalidade a participação estadual na utilização total da terra, para encontrar o estoque de capital no setor agropecuário dos estados brasileiros. Trabalhos como os de Tavares et al. (2001) e Souza (2004) usam como *proxy* o consumo de energia elétrica do setor não-residencial. No entanto, Ferreira et al. (2005) mostram que o uso dessa variável pode comprometer os resultados da PTF se a estratégia de um setor industrial for a adoção de equipamentos que poupem energia elétrica, o que daria a falsa indicação de redução do serviço de capital.

### **5.5.1.3. Fator trabalho**

A *proxy* utilizada para esse fator foi o total de pessoas trabalhando no mercado formal, nos estados da região, segundo as estatísticas da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do MTE. A justificativa para utilizar tal variável deve-se ao fato de esse cadastro contemplar todos os municípios da região, cobrindo as atividades econômicas urbanas e rurais. Mendes (2005) usa essa informação como *proxy* para mensurar o total de trabalhadores no setor rural. Nos estudos de Tavares et al. (2001), Souza (2004) e Ferreira e Malliagos (1998) utiliza-se a estimativa da População Economicamente Ativa (PEA), do IBGE, geradas a partir dos dados censitários e ajustadas pelos resultados da Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios (PNAD). No entanto, a distribuição espacial da amostra da PNAD para os estados da região Norte abrange, apenas, as áreas urbanas dos municípios, diferente do que ocorre nos demais estados brasileiros, o que inviabiliza a utilização dessa fonte de dados.

### **5.5.1.4. Desmatamento**

A variável representativa do desmatamento é a taxa de desflorestamento, ou taxa de desmatamento, calculada pelo INPE com base no Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES), que utiliza as imagens captadas pelo Satélite LANDSAT, para toda a região amazônica. Para definição dessa taxa são usadas as melhores imagens obtidas nos meses de maior seca na região (julho, agosto e setembro), os quais apresentam cobertura mínima de nuvens e melhor visibilidade, além de uma adequada qualidade técnica. Em alguns casos, as imagens não podem ser analisadas devido aos problemas de cobertura por nuvens ou de conflito entre o tempo necessário para o processamento de todas as imagens e a data prevista para divulgação da taxa.

Segundo Alves (2001), algumas restrições são feitas aos dados gerados pelo INPE: os levantamentos são realizados com defasagens de dois ou mais anos, em decorrência de problemas orçamentários e organizacionais; os

levantamentos são restritos a áreas de floresta, deixando de avaliar as áreas de cerrado e campos naturais, que representam 20% da Amazônia Legal; a metodologia prevê a detecção sistemática de desflorestamento em áreas que excedem 6,25 ha, omitindo as derrubadas realizadas pelos produtores tradicionais (agricultura itinerante) e a extração seletiva de madeira; além de fatores de ordem técnica que possibilitariam melhor acompanhamento das imagens geradas. No entanto, apesar das restrições, esses dados são os únicos disponíveis sobre o desflorestamento da região amazônica.

#### **5.5.1.5. Educação**

A variável *proxy* usada para representar o nível de educação é a média de anos de estudos da população com 25 anos de idade e mais, disponível no IPEADData. É uma medida usada internacionalmente para representar o nível de capital humano de um país/estado/região. Nos trabalhos de Barro (1991), Benhabib e Spiegel (1994), Calderon e Servén (2003), Tavares et al. (2001), Souza (2004) e Nakabashi (2005) encontra-se essa medida como *proxy* do capital humano.

#### **5.5.1.6. Cooperativa**

O número de cooperativas constituídas anualmente é usado como uma *proxy* para representar a dimensão da coesão social, pautada no princípio da confiança que, de acordo com as idéias de Putnam (2002), funciona como um dos elementos básicos para a construção do cooperativismo ou associativismo, fator que deve ser tão, ou mais importante dentre os determinantes do crescimento econômico. Putnam conclui que a região Norte da Itália é mais desenvolvida do que a região Sul, devido ao fato de a primeira ter constituído um capital social relativamente superior ao da região Sul.

O trabalho desenvolvido por Pavarina (2003) utiliza o número de cooperativas e associações de produtores rurais e o de cooperados, entre os

diversos indicadores do capital social para o Estado de São Paulo, na construção de um índice geral. Souza (2004) utiliza a variável número de cooperados em cooperativas de saúde para avaliar o efeito dessa variável sobre a variação da PTF por ele denominada de Dinâmica Regional Interna.

Diante da dificuldade em se ter acesso às informações sobre o cooperativismo na região amazônica, optou-se por utilizar o número de cooperativas constituídas, mesmo sabendo-se do elevado nível de agregação da mesma. Porém, resultados de pesquisas de Santana (2001), Santos (2002), Gomes (2003), Carvalho (2005) e Carvalho e Santana (2005), referentes à competitividade do setor de madeira, aos móveis e artefatos, às frutas, às carnes, ao couro, à floricultura e outros, mostram evidências da participação das empresas em associações patronais e cooperativas.

#### **5.5.1.7. Telefone**

Essa variável é uma das representativas da infra-estrutura física e expressa o total de terminais telefônicos fixos (residencial e público) em serviço nos estados. Mendes (2005) a utilizou como um dos regressores determinantes da PTF do setor agropecuário do Brasil. Os dados foram obtidos junto ao Ministério das Comunicações e à ANATEL. Para Calderon e Servén (2003), essa medida tem papel importante como fator indutor do crescimento econômico, por isso a utilizam como uma medida que expressa a densidade dos serviços de infra-estrutura disponível nos países incluídos em sua pesquisa.

#### **5.5.1.8. Estradas**

A variável representa a extensão da rede rodoviária federal em tráfego e pavimentada, medida em quilômetros. É usada como uma *proxy* da medida da infra-estrutura física nos estados e foi retirada da pesquisa de Mendes (2005), que utiliza a variável como um dos fatores determinantes da PTF brasileira. Os dados foram obtidos junto ao DNIT.

#### **5.5.1.9. Energia**

Expressa a capacidade nominal total instalada de geração de energia elétrica (hidráulica e térmica) nos estados da Amazônia Legal, medida em MW. É utilizada por Mendes (2005) para identificação dos fatores determinantes da PTF do setor agrícola brasileiro.

#### **5.5.1.10. Finam**

É uma das variáveis usadas para avaliar os efeitos da política de incentivos fiscais para os estados da Amazônia Legal e expressa o valor anual das aplicações do FINAM, em mil reais de 2000. Estudos realizados pela SUDAM (1990a e 1998) mostram evidências de que os recursos do FINAM impactaram fracamente sobre o crescimento econômico da região. Optou-se por incorporar essa variável junto ao modelo de determinação da PTF como forma de verificar seus efeitos a partir da aplicação de modelos em dados de painel. Os dados foram obtidos junto à ADA.

#### **5.5.1.11. FNO**

A variável FNO refere-se aos valores aplicados pelo FNO em atividades produtivas – em R\$ 1.000, a preços de 2000. A medida do FNO é mais um dos instrumentos de política regional usados pelo Governo Federal para estimular a criação de atividades econômicas ligadas ao setor agropecuário, agroindustrial, indústria e serviços. Os dados referentes aos valores do FNO aplicados ao setor agropecuário foram usados por Varela (2001) para determinar a importância desse incentivo fiscal na ampliação da fronteira de produção agrícola dos municípios do Estado do Pará. Estes dados foram obtidos junto ao BASA.

#### **5.5.1.12. Renda *per capita* (Rpc)**

Esta variável foi usada para testar a hipótese de que a relação entre a taxa de desmatamento na Amazônia Legal e a renda *per capita* tem o formato de U invertido, como apresentado por England (2000). A forma da relação empírica entre o desflorestamento anual e o nível de renda *per capita*, para um conjunto de 77 países, foi investigado por Shafik e Bandyopadhyay (1992), a partir de dados do Banco Mundial. Fonseca e Ribeiro (2005) aplicaram o modelo EKH, no Brasil, para avaliar a relação entre o crescimento econômico e a qualidade do meio ambiente, usando como variável *proxy* para o indicador de poluição ambiental o percentual de áreas estaduais preservadas de forma a testar a relação entre o crescimento econômico e a preservação ambiental. Os valores, obtidos a partir dos dados disponíveis no IPEADData e no IBGE, foram expressos em mil reais de 2000.

#### **5.5.1.13. Densidade demográfica (Ddem)**

Variável independente, utilizada para avaliar o efeito da dinâmica populacional nos estados da Amazônia Legal sobre a taxa de desmatamento. Essa medida é usada no modelo original formulado por England (2000) e apontada por Alves (2001) como importante fator de pressão sobre as áreas de floresta, principalmente nas áreas ao longo das estradas vicinais abertas pela atividade de extração de madeira, bem como daquelas usadas por mineradoras para viabilizar a extração de minérios na região.

#### **5.5.1.14. Índice quantitativo sintético para a infra-estrutura (Infra)**

Obtido a partir da aplicação da análise fatorial, usando os dados referentes à infra-estrutura física de telefones e estrada, uma vez que, introduzindo a variável energia elétrica à adequabilidade dos dados, ao método das componentes principais, apresentou  $KMO < 0,5$ .

### 5.5.2. Procedimentos

Diante das observações apresentadas sobre o modelo econométrico proposto para avaliar as relações entre o conjunto de variáveis independentes e a variável dependente, o processo de escolha do modelo e geração da PTF é constituído dos seguintes passos:

- avaliar a estacionariedade das séries, usando testes para dados em painel, observando a presença de heterocedasticidade e autocorrelação;
- estimar o modelo de EF e o de EA;
- realizar os testes estatísticos objetivando detectar a presença de efeitos aleatórios, heterocedasticidade, autocorrelação nos modelos e o teste de Hausman;
- estimar o modelo adequado corrigindo os problemas de heterocedasticidade, autocorrelação e correlação contemporânea;
- encontrar a série da PTF;
- regredir a PTF sobre os fatores representativos do capital humano, social, desmatamento e infra-estrutura, além de avaliar a especificação do modelo com base em diferentes métodos de estimação: MQG, MQGF, MQ2E e MMG;
- analisar os resultados obtidos para a série da PTF na Amazônia Legal, confrontando esses resultados com os encontrados por estudos semelhantes realizados em outros países e no Brasil;
- avaliar os resultados encontrados para os diferentes modelos de estimação, apontando as especificidades metodológicas para os casos em que os sinais dos coeficientes divergem do esperado, além de enfatizar os pressupostos básicos de cada modelo;
- analisar os resultados estimados para os parâmetros da equação cúbica utilizada para avaliar a hipótese ambiental de Kuznets.

Foram utilizados três *softwares* estatísticos para a geração das medidas estatísticas necessárias ao desenvolvimento da pesquisa. O *Stata 9.0* foi utilizado para obter as estimativas dos coeficientes das regressões representativas dos vários modelos econométricos e para a viabilização dos diversos testes

relacionados ao modelo de dados de painel. Os testes de raiz unitária foram realizados usando, concomitantemente, o *Eviews* 5.0 e o *Stata* 9.0. O *Statistical Package for Social Science* (SPSS), versão 11.5, foi utilizado na geração dos fatores com base nos componentes principais.

## 6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A discussão dos resultados é construída em várias etapas visando explorar, ao máximo, os achados da pesquisa no que tange à adequabilidade do modelo econométrico para representar as relações econômicas de interesse e contribuir para a avaliação dos objetivos da pesquisa e da aceitação ou refutação das hipóteses. Para tal, inicia-se discutindo os resultados das estatísticas descritivas e das condições de estacionariedade das variáveis. Em seguida, é feita a especificação, estimação e análise dos coeficientes da função de produção para a Amazônia Legal, levando-se em consideração as propriedades inerentes aos modelos de estimação de Efeitos Fixos e Efeitos Aleatórios, bem como as características relacionadas à heteroscedasticidade, autocorrelação serial e contemporânea e à dependência seccional. Com os resultados da PTF, discute-se o seu comportamento temporal. Estimam-se os coeficientes dos determinantes do crescimento econômico da região amazônica, através da PTF, com base nos modelos estáticos e nas técnicas de estimação MMG em primeira diferença e em um conjunto de equações em nível e primeira diferença denominada de MMG sistema. Os resultados encontrados são comparados aos obtidos por outros autores que usaram as mesmas técnicas ou procedimentos metodológicos para avaliar o crescimento econômico usando análise de regressão.

## 6.1. Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas

### 6.1.1. Estatística descritiva

Os dados da Tabela 11 apresentam as estatísticas descritivas das variáveis envolvidas no estudo, obtidas para o período de 1990 a 2004, sendo que a medida do desvio-padrão se refere à dispersão entre os painéis, enquanto a média, o mínimo e o máximo são obtidos considerando-se todos os painéis no tempo. Nas duas últimas colunas da Tabela 11, *N* e *n* representam o número de observações e o número de estados, respectivamente.

Tabela 11 – Estatísticas descritivas para as variáveis envolvidas no estudo, Amazônia Legal, 1990-2004

Variável	Unidade	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	N	n
PIB (Y)	R\$ milhões	7.642,4	7.145,2	608,2	24.400,0	135	9
Capital (K)	R\$ milhões	183,6	173,0	17,4	610,5	135	9
Trabalho (N)	Mil pessoas	175,5	142,9	9,5	635,4	135	9
Desmatamento (X0)	Km <sup>2</sup> /ano	2.027,5	2.547,6	7	11.814	135	9
Educação (X1)	Anos	5,3	0,96	2,6	7,91	135	9
Cooperativa (X2)	Unidade	21,3	15,7	0	95	135	9
Telefone (X3)	Mil unidades	151,2	113,6	13,1	717,3	135	9
Estrada (X4)	Quilômetros	1.230,4	993,7	64	6.880,0	135	9
Energia (X5)	MW	788,4	1.409,4	6	6.151	135	9
FINAM (X6)	R\$ milhões	37,4	36,3	0	487,7	135	9
FNO (X7)	R\$ milhões	71,5	88,7	0,06	533,1	105	7
Rpc (X8)	R\$ 1,00	3.921,5	2.298,5	1.338,9	10.321,9	135	9
Ddem (X9)	Pessoa/km <sup>2</sup>	4,8	4,9	0,88	20,6	135	9

Fonte: Resultados da pesquisa.

O PIB médio anual da região foi de R\$ 7,64 bilhões, desvio-padrão de R\$ 7,14 bilhões, com uma amplitude total de R\$ 23,7 bilhões, o que mostra a elevada heterogeneidade entre os dados, devido, em parte, aos diferentes estágios em que se encontram as atividades produtivas – de extração e transformação

mineral, agropecuária, agroindústria, indústria de eletroeletrônicos – em cada estado da região.

Em relação ao estoque de capital, a média anual foi da ordem de R\$ 183,6 milhões, com desvio-padrão de R\$ 173,0 milhões. O valor mínimo ficou em R\$ 17,4 milhões e o máximo, R\$ 610,5 milhões, indicando um período em que o estoque de máquinas, edificações e infra-estrutura em geral, necessárias para realizar a transformação dos insumos e a realização dos produtos, ficou abaixo da média, comprometendo o crescimento econômico da região.

A média anual de pessoas empregadas com carteira assinada, na região, foi de 175 mil pessoas. O desvio-padrão entre os estados foi da ordem de 142,9 mil pessoas, com os valores mínimo e máximo alcançando 9,5 e 635,4 mil pessoas, respectivamente. A amplitude entre o maior e o menor valor foi da ordem de 625,9 mil pessoas no período em análise, refletindo, em parte, a elevada heterogeneidade do nível de absorção da força de trabalho em atividades produtivas legalmente registradas nos estados da região. Porém, o total de pessoas ocupadas, segundo dados censitários, é superior aos registros do MTE, uma vez que, no levantamento censitário, a ocupação em atividades agrícolas de subsistência faz parte do conjunto de atividades que caracterizam a pessoa como ocupada (IBGE, 2007a).

Quanto à variável desmatamento, a quantidade média de floresta desmatada por estado foi da ordem de 2.027,5 km<sup>2</sup>/ano, com um nível de dispersão bastante elevado de 2.547,6 km<sup>2</sup> entre os estados, indicando que alguns estados avançaram mais sobre a floresta nativa, enquanto outros avançaram menos. A menor taxa foi de 7 km<sup>2</sup> e a maior de 11.814,0 km<sup>2</sup>. Entre os estados que mais sofreram desmatamento estão: Rondônia, Mato Grosso, Tocantins e Pará.

Em relação aos anos de estudo, a média anual foi de 5,3 anos em cada estado. A heterogeneidade entre os estados é menor, com desvio-padrão de 0,96 e amplitude total de 5,3 anos, com no mínimo 2,6 anos e no máximo 7,9 anos de estudo. Essa baixa heterogeneidade sinaliza uma convergência dos valores em torno da média, ou seja, indica que as diferenças educacionais na região tendem à

redução nos próximos anos. Tal fato pode ser atribuído, em parte, aos programas do Governo Federal, que visam à universalização do ensino e da formação de professores com nível superior para atuarem no ensino fundamental, além de proporcionar às prefeituras dos municípios da Amazônia Legal melhores condições para que elas possam garantir o acesso à escola, principalmente, para os alunos residentes em áreas distantes dos centros urbanos, com destaque para os que moram em comunidades localizadas às margens dos rios e de igarapés da região.

No que se refere à variável cooperativa, a média anual do número de cooperativas constituídas, anualmente, na região foi de 21,3 unidades, com desvio-padrão de 15,7 unidades. O valor mínimo e o máximo foram de 0 e 95 unidades, respectivamente. Essa média de cooperativas constituídas por ano pode ser explicada, em parte, pela ação de instituições como o SEBRAE e organizações não-governamentais que estimulam e assessoram algumas comunidades rurais da região na constituição de cooperativas e associações, como forma de proporcionar maior escala, qualidade e visibilidade aos produtos da biodiversidade amazônica, nos mercados nacional e internacional.

Em relação às variáveis representativas da infra-estrutura, a média de telefones fixos (públicos e residenciais) foi da ordem de 151,2 mil unidades, com desvio de 113,6 mil unidades e o mínimo ficou em 13,1 mil unidades, enquanto o máximo foi de 717,3 mil unidades. A média de estradas em condições de tráfego e pavimentadas, na região, foi de 1.230,4 km/ano, com desvio-padrão de 993,7 km/ano. O valor mínimo ficou em 64 km e o máximo de 6.880,0 km. A média anual da capacidade nominal total instalada de geração de energia elétrica (hidráulica e térmica) foi de 788,4 MW, com desvio-padrão de 1.409,4. Os valores mínimo e máximo foram de 6 e 6.151 MW, respectivamente. Os números correspondentes a essas variáveis mostram elevada heterogeneidade nos dados referentes à dotação desses equipamentos de infra-estrutura na região. Vale ressaltar que a elevada extensão territorial da região e a dificuldade de acesso a comunidades e domicílios são fatores que dificultam a expansão dos serviços de telecomunicações, excluindo do uso desses serviços, por conseguinte, um grande

número de famílias que residem em áreas isoladas e de difícil acesso, o que é captado pela elevada dispersão.

Com relação aos incentivos fiscais aplicados na região amazônica, constata-se que a média de desembolsos anuais do FINAM foi de R\$ 37,4 milhões, com desvio-padrão de R\$ 51,9 milhões, em que o menor valor foi R\$ 180,7 mil e o maior, R\$ 231,0 milhões. A dispersão entre os estados foi elevada, indicando elevada heterogeneidade, o que pode ser explicado, em parte, pela concentração de elevados valores aplicados nos Estados do Pará, Mato Grosso e Amazonas. Quanto ao FNO, fundo constituído para atender aos estados da região Norte, a média de aplicação foi de R\$ 71,5 milhões, com desvio-padrão de R\$ 88,7 milhões. Os valores mínimo e máximo alcançaram R\$ 68,1 milhões e R\$ 533,1 milhões, respectivamente. Neste fundo observa-se, também, elevada dispersão de valores, indicando elevada heterogeneidade entre os recursos aplicados nos diferentes estados da região.

A renda *per capita* média anual foi de R\$ 3.921,50, com desvio-padrão de R\$ 2.298,50, que é um valor elevado, mostrando elevada desigualdade de renda entre os estados, reproduzindo na região a distribuição desigual da renda, encontrada entre as diversas regiões do país. Os Estados do Amazonas, Pará e Mato Grosso são os que concentram as maiores rendas. A menor renda foi de R\$ 1.338,90 e a maior R\$ 10.321,10.

Quanto à densidade populacional, a média de pessoas por km<sup>2</sup> na região foi de 4,8, porém, com uma elevada dispersão em torno da média, da ordem de 4,9 pessoas/km<sup>2</sup>, decorrente da extensa área territorial e do aumento da concentração de pessoas nas áreas urbanas das capitais dos estados da região, a exemplo de Belém (1.322,86 hab./km<sup>2</sup>) e Manaus (144,42 hab./km<sup>2</sup>). Em nível de estado, o Amazonas se destaca por ter a menor densidade, com média de 1,2 pessoas/km<sup>2</sup>, e o Maranhão, por apresentar a maior concentração, 17,4 pessoas/km<sup>2</sup>.

## 6.2. Testes de raiz unitária para dados em painel

Os resultados do teste de raiz unitária de Hadri são apresentados na Tabela 12. Todas as variáveis foram tomadas em logaritmo natural. O processo gerador da série assume estacionariedade, somente com intercepto e com intercepto e tendência. A suposição é a de que, no processo gerador das variáveis, o coeficiente de correlação  $\rho$  é comum a todos os estados, além de assumir heteroscedasticidade, por conta das diferenças econômicas existentes entre os estados da região. Na hipótese nula assumiu-se que a série em cada estado é estacionária.

Tabela 12 – Resultados do teste de raiz unitária de Hadri para as variáveis utilizadas no estudo, Amazônia Legal, 1990-2004

Variável	Estatística da estacionariedade com intercepto ( $Z_{\mu}$ )	Valor da probabilidade de H0	Estatística da estacionariedade com intercepto e tendência ( $Z_{\tau}$ )	Valor da probabilidade de H0	Hipótese da variância
LY	7,6740	0,0000	5,9688	0,0000	Hetero
LK	3,5740	0,0002	4,6776	0,0000	Hetero
LN	7,3157	0,0000	14,4841	0,0000	Hetero
LX0	5,2374	0,0000	12,8457	0,0000	Hetero
LX1	5,9577	0,0000	8,5070	0,0000	Hetero
LX2	4,1406	0,0000	3,7152	0,0001	Hetero
LX3	8,5908	0,0000	4,7405	0,0000	Hetero
LX4	6,1859	0,0000	7,7139	0,0000	Hetero
LX5	6,2574	0,0000	4,1014	0,0000	Hetero
LX6	2,0661	0,0194***	6,9428	0,0000	Hetero
LX7	2,8622	0,0021	20,1367	0,0000	Hetero

Fonte: Resultados da pesquisa.

\*\*\* significância estatística a 1%.

Hipótese H0: Todas as séries no painel são estacionárias.

Diante dos resultados, conclui-se que todas as variáveis são não-estacionárias a 1%, com exceção da série do logaritmo do FINAM (LX6), no caso de o processo conter apenas o intercepto. Entretanto, se for incluída a tendência, todas as variáveis são não-estacionárias. A informação extraída do Teste de Hadri é a de que o uso dessas variáveis no modelo pode levar a regressões espúrias, em função do processo gerador das séries assumir que a correlação serial dos erros é comum a todos os estados.

Com base nos resultados acima, se optou por avaliar se outros fatores estão influenciando na estacionariedade das séries, tais como: correlação serial distinta para cada estado e correlação contemporânea, além da heteroscedasticidade.

A Tabela 13 mostra os valores calculados para as estatísticas e a especificação dos modelos usados pelos testes de raiz unitária de Im, Pesaran e Shin (IPS) e Fischer ADF no processo de geração das séries. Como forma de corrigir a correlação contemporânea, efetua-se uma transformação na variável, obtendo-se uma nova série em que, de cada observação será subtraída a média das seções cruzadas, dado um período de tempo, isto é,  $y'_{it} = y_{it} - \bar{y}_t$  e  $\bar{y}_t = (1/N) \sum_{i=1}^N y_{it}$ , como proposto por Enders (2004).

Em relação à autocorrelação serial, foi realizado o teste LM de Wooldridge. Quanto à suposição de heteroscedasticidade das unidades de seção cruzada, o teste realizado foi o de Bartlett, Levene e Brown-Forsythe. Neste caso, se pelo menos um dos testes não aceitar a hipótese nula de igualdade das variâncias, assume-se a presença de heteroscedasticidade entre os estados.

Os resultados dos testes de IPS e Fischer ADF mostram que as séries são estacionárias (excluindo as variáveis Escola (LX1') e Energia (LX5)) tomando-se diferentes especificações e características dos erros (heteroscedasticidade e autocorrelação) para cada uma das equações usadas no processo gerador da série, em diferentes níveis de significância estatística. Essas informações referentes às especificações das séries são importantes para corrigir as estimativas da função de produção e dos fatores determinantes da PTF.

Tabela 13 – Resultados do teste de raiz unitária de Im, Pesaran e Shin (IPS) e Fischer ADF para as variáveis utilizadas no estudo, Amazônia Legal, 1990-2004

Variável	Teste IPS			Teste Fischer ADF		
	Estatística <i>t</i>	Valor da prob. de H0	Especificar modelo	Estatística do valor <i>p</i> calculada	Valor da prob. de H0	Especificar modelo
LY'	-3,1631	0,0008***	Inter e tend; Heter;	38,9972	0,0029***	Inter e tend; Heter
LK'	-3,1631	0,0008***	Inter e tend; Heter;	38,9972	0,0029***	Inter e tend; Heter
LN'	-3,4142	0,0003***	Inter e tend; Heter;	49,0749	0,0001***	Inter e tend; Heter
LX0'	-4,4398	0,0000***	Inter e tend; Heter;	50,0608	0,0001***	Inter e tend; Heter
LX1'	-0,9688	0,1663	Inter e tend; Heter;	40,0613	0,0020***	s/s inter e s/tend; Heter
LX2'	-3,1339	0,0009***	Inter; Heter;	38,6276	0,0032***	Inter; Heter
LX3'	-1,6567	0,0488**	Inter e tend	26,6008	0,0868*	Inter e tend; Heter
LX4'	-1,5831	0,0567*	Inter e Heter	31,8442	0,0229**	s/ inter e s/tend; Heter
LX5'	-2,3470	0,9905	s/inter e s/tend; Heter	18,1132	0,4482	s/ inter e s/tend; Heter
LX6'	-2,9675	0,0015***	inter; Heter;	45,0420	0,0004***	Inter e tend; Heter
LX7'	-6,4845	0,0000***	Inter e Heter	44,2893	0,0001***	Inter e tend; CS

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: \*\*\* Significância estatística a 1%. \*\* Significância estatística a 5%. \* Significância estatística a 10%. Hipótese H0: Não estacionária.

Em relação ao teste IPS, observa-se que a variável Produto Real (LY'), Capital (LK'), Trabalho (LN') e Desmatamento (LX0') são estacionárias, com termos de tendência e intercepto, além de heteroscedasticidade e ausência de autocorrelação de primeira ordem, em nível de significância estatística de no máximo 5%. O grupo formado pelas variáveis Cooperativas (LX2'), Estradas (LX4'), FINAM (LX6') e FNO (LX7') são estacionárias, apresentando apenas o termo de intercepto, heteroscedasticidade e ausência de autocorrelação. A variável Telefone (LX3) é estacionária com tendência e intercepto. O nível de significância estatística é de, no máximo, 10%.

Os resultados do teste de Fischer ADF, no que tange à significância estatística, não diferem dos obtidos pelo teste IPS, porém, diferem quanto à especificação do modelo. A variável escola (LX1') passa a ser estacionária, porém, não apresenta intercepto nem tendência; o FNO (LX7') apresenta intercepto, tendência e correlação serial; a variável estrada não tem intercepto nem tendência; e a variável energia elétrica (LX5') não é estacionária para ambos

os testes, sendo que a implicação principal do uso dessa variável como um regressor no modelo econométrico é o de gerar estimadores de mínimos quadrados, estatísticas de teste e preditores não confiáveis (HILL et al., 2006).

Diante dos resultados obtidos pelos testes, o passo seguinte foi estimar os coeficientes da função de produção e encontrar os valores da PTF para os estados, levando-se em consideração as características ressaltadas como forma de obter estimadores robustos, o que será feito na seção seguinte.

### 6.3. Determinação da PTF

A Tabela 14 apresenta a estimativa dos coeficientes da função de produção para ambos os casos do modelo de Solow, o original e o ampliado.

Tabela 14 – Resultado da estimativa dos coeficientes  $\beta$  do modelo de Solow original e ampliado, segundo EF ou EA e testes de especificação, Amazônia Legal, 1990-2004

Variável	Modelo original		Modelo ampliado	
	EF	EA	EF	EA
Const	-1,1151 (1,1969)	3,3559*** (0,1386)	0,3838 (1,0248)	2,6113*** (0,1540)
LK	1,0190*** (0,1042)	0,7969*** (0,0314)	0,9256*** (0,0884)	0,7680*** (0,0267)
LN	0,3960*** (0,0369)	0,2334*** (0,0334)	0,2614*** (0,0360)	0,2766*** (0,0287)
LH	-	-	0,6965*** (0,0954)	0,3489*** (0,0470)

Fonte. Resultados da pesquisa.

Nota: \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%. O valor entre parênteses refere-se ao erro-padrão.

Em ambas as situações, estimaram-se os coeficientes pelos modelos de EF e de EA. Em relação ao modelo original, ambos os parâmetros estimados são significativos a 1% de probabilidade, para os modelos de EF e EA. No modelo ampliado, os parâmetros estimados, para ambos os modelos de EF e EA, apresentam significância estatística de 1% e seus erros-padrão são inferiores aos observados no modelo original.

O conjunto de informações resumidas na Tabela 15 possibilita tomar a decisão sobre qual modelo é o mais adequado e quais correções se fizeram necessárias para produzir estimadores consistentes e de variância mínima.

Tabela 15 – Resultado dos testes de especificação do modelo de Solow original e ampliado, Amazônia Legal, 1990-2004

Tipo de teste	Modelo original	Modelo ampliado
Heteroscedasticidade	$\chi^2(9) = 92,28$	$\chi^2(9) = 1132,52$
H0: $\sigma_i^2 = \sigma^2$ para todo $i$	Prob> $\chi^2(9) = 0,000$	Prob> $\chi^2(9) = 0,000$
Teste de feitos aleatórios	$\chi^2(1) = 6,55$	$\chi^2(1) = 14,32$
H0: variância do componente de seção cruzada é zero ( $\sigma_\alpha^2 = 0$ )	Prob> $\chi^2(1) = 0,010$	Prob> $\chi^2(1) = 0,000$
Teste de Hausman	$\chi^2(2) = 108,12$	Indeterminado
H0: diferença entre os coeficientes são aleatórias	Prob> $\chi^2(2) = 0,000$	-
Autocorrelação	$F(1,8) = 16.837,41$	$F(1,8) = 2.307,46$
H0: ausência de correlação serial de 1. <sup>a</sup> ordem	Prob> $F(1,8) = 0,000$	Prob> $F(1,8) = 0,000$

Fonte. Resultados da pesquisa.

Notas: Ambos os modelos de EF e EA, apresentam dependência seccional para o teste proposto por Pesaran (2004). Os valores entre parênteses referem-se aos graus de liberdade utilizados em cada um dos testes.

De acordo com a Tabela 15, o modelo original contempla as seguintes características:

- a) o resultado do teste de Hausman sinaliza para a não aceitação da hipótese de o modelo de EA ser o mais adequado, visto que este apresenta estimadores não consistentes, com nível de significância estatística de 1%. Dessa forma, tem-se a presença de um termo de intercepto que varia de estado para estado, porém, mantido constante ao longo do tempo, de modo que todas as diferenças de comportamento entre os estados são captadas pelo intercepto, uma vez que os coeficientes dos regressores estimados não variam;
- b) a hipótese de que a variância do termo de erro, referente à seção cruzada, é zero, é rejeitada ao nível de 1% de significância, indicando que o efeito específico do estado é captado por esse parâmetro, reforçando a escolha pelo modelo de EF;
- c) a ausência de correlação serial de primeira ordem nos erros dentro das seções cruzadas (estados) deve ser rejeitada ao nível de significância de 1%;
- d) em relação à igualdade das variâncias, rejeita-se essa hipótese a 1% de significância para ambos os modelos de EF e EA.

O resultado obtido para o modelo ampliado apresenta as seguintes características:

- a) em relação ao efeito aleatório, rejeita-se a hipótese de que a variância do componente de seção cruzada seja zero, ao nível de 1% de significância estatística. Esse resultado mostra que o termo específico de erro ( $\alpha_i$ ) expressa os efeitos específicos;
- b) o resultado do teste de Hausman mostra-se indeterminado, impossibilitando a escolha entre o modelo de EF ou o de EA;
- c) quanto à correlação, rejeita-se a hipótese  $H_0$  de ausência de autocorrelação significativa estatisticamente;
- d) em relação à hipótese de igualdade das variâncias, rejeita-se, fortemente, a hipótese de homocedasticidade, ao nível de 1% de significância estatística, para ambos os modelos de EF e EA.

Antes de concluir sobre qual especificação é a mais adequada para modelar as funções de produção, deve-se aceitar a proposição de que ocorre correlação dos resíduos entre os estados, como pode ser observado na Tabela 16, em que são apresentadas as correlações dos resíduos para a equação estimada da função de produção original, assumindo-se EF.

Tabela 16 – Resultado da matriz de correlação residual, função de produção exógena, para efeitos fixos, Amazônia Legal, 1990-2004

	AC	AM	AP	MA	MT	PA	RO	RR
AM	0.933							
AP	0.613	0.701						
MA	0.950	0.990	0.648					
MT	0.826	0.901	0.878	0.853				
PA	0.950	0.992	0.667	0.988	0.883			
RO	0.933	0.981	0.670	0.984	0.882	0.986		
RR	0.762	0.676	0.280	0.752	0.437	0.725	0.731	
TO	0.095	0.042	0.062	0.137	-0.092	0.071	0.089	0.463

Fonte: Resultados da pesquisa.

A matriz de correlação sugere forte associação positiva entre os resíduos dos estados da Amazônia Legal, excluindo-se o estado do Tocantins que apresenta correlação fraca com os demais estados da região. O estado do Amapá tem correlação positiva moderada, inferior a 0,700, se comparada com a maioria dos estados. Os demais estados apresentam forte correlação.

Guilhoto e Sesso Filho (2005) realizaram um estudo para o Banco da Amazônia (BASA) sobre a estrutura produtiva desse estado. Basearam-se nos resultados da matriz de insumo-produto para os estados onde essa instituição atua, tendo tomado como referência o ano de 1999. Os resultados de sua pesquisa apontaram para um fluxo de bens e serviços, entre esses estados e o restante do país.

O resultado da participação do Estado do Pará nos fluxos de bens e serviços mostrou que, do total das transações de compras realizadas por esse estado, 4,08% foram com o Estado do Amazonas, 1,1% com o Tocantins, 2,15% com o Maranhão, 0,86% com o Mato Grosso, enquanto 94,54% delas foram realizadas com o resto do país. Esses resultados contribuem para reforçar a presença de correlação entre os estados.

Diante dos resultados apresentados pelo teste de Hausman e o teste de efeitos aleatórios, conclui-se que o modelo de EF é o mais adequado para estimar os parâmetros das funções de produção, do modelo original e ampliado. Neste último, a decisão foi tomada levando-se em consideração o resultado do teste de efeitos aleatórios. Com essa decisão tem-se que as inferências são válidas somente para o conjunto dos estados da Amazônia Legal.

A Tabela 17 apresenta os coeficientes das funções de produção estimados pelo modelo de EF, levando-se em consideração os resultados dos testes de heteroscedasticidade e autocorrelação resumidos na Tabela 15. A comparação dos resultados da Tabela 17 com os apresentados na Tabela 14, em relação ao modelo de EF, indica uma redução das elasticidades do capital, do trabalho e do capital humano, nos modelos original e ampliado, que pode ser explicada, em grande medida, pela correção dos problemas de heteroscedasticidade e autocorrelação.

Com base nos modelos estimados (Tabela 17), o passo seguinte é encontrar os resíduos de cada uma das equações e as taxas de crescimento anual da PTF da Amazônia Legal e de seus estados. Os resultados obtidos são confrontados com outros trabalhos científicos que seguem a linha da contabilidade do crescimento (*accounting growth*).

Tabela 17 – Resultado da estimação dos parâmetros da função de produção do modelo original e ampliado, modelo de efeitos fixos, Amazônia Legal, 1990-2004

Variável	Modelo original	Modelo ampliado
Constante	3,4245*** (0,0304)	2,9103*** (0,2177)
LK	0,8497*** (0,0098)	0,9166*** (0,0254)
LN	0,1748*** (0,0109)	0,1108*** (0,0229)
LH	-	0,2931*** (0,0581)
N.º de Obs.	135	135

Fonte: Resultados da pesquisa.

Notas: \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%. Os valores entre parênteses referem-se ao erro padrão amostral.

Em relação ao modelo original de Solow, a restrição imposta é que as elasticidades do capital e do trabalho,  $(\alpha)$  e  $(\beta)$ , respectivamente, somem um, ou seja, assumam-se retornos constantes de escala. Por outro lado, assumir retornos variáveis significa não impor nenhum tipo de restrição sobre  $(\alpha + \beta)$ . No presente modelo, as elasticidades indicam retornos crescentes de escala, enquanto trabalhos como o de Tavares et al. (2001) encontraram retorno decrescente para a estimativa do modelo original de Solow no Brasil. Souza (2004) estimou a elasticidade do capital e do trabalho para o Brasil em 0,12 e 0,76, indicando retorno decrescente de escala. Com o objetivo de identificar os determinantes da PTF do setor agropecuário brasileiro, Mendes (2005) encontrou como estimativa para os insumos, capital e trabalho, retorno decrescente de escala.

É válido salientar que a comparação entre os vários trabalhos envolvidos na estimação das elasticidades dos fatores de produção do modelo de Solow fica

prejudicada por conta das variáveis *proxies* utilizadas nesses estudos, devido aos métodos de estimação e aos períodos de abrangência das pesquisas.

Estudos em que a restrição de retornos constantes de escala é satisfeita decorrem da suposição feita sobre a parcela referente ao capital, como é o caso do trabalho desenvolvido por Khasnobis-Guha e Bari (2002) que assumem cada fator participar com 1/3. De acordo com De Long (1996), a participação do capital na função de produção de Solow deve ser um valor que esteja contido no intervalo entre 0,40 e 0,67. Para valores acima do limite superior conclui-se que a trajetória do capital é explosiva.

O resultado da Tabela 17 mostra que a elasticidade do capital é quase cinco vezes a elasticidade do trabalho. Essa diferença entre as elasticidades deve-se, em parte, às externalidades geradas pelos investimentos em infra-estrutura, capital humano, máquinas e equipamentos, P&D (DE LONG, 1996). Como  $0 < \alpha < 1$ , tem-se que o rendimento do capital é decrescente, indicando que, a longo prazo, a produtividade tende a zero. O caso de rendimentos crescentes de escala indica externalidades na produção e a aceitação dos lucros de monopólio (BARQUEIRO, 2001). Porém, a forma para capturar o mecanismo que leva aos retornos crescentes é mais bem apropriada nos modelos neoclássicos de crescimento endógeno, fugindo ao objetivo deste trabalho.

No modelo da função de produção ampliado com o capital humano, as elasticidades sugerem retornos crescentes de escala, em que a elasticidade do capital é quase três vezes maior que a elasticidade do trabalho, indicando a importância desses dois fatores no processo de formação do produto real da região. Segundo Souza (2004), a participação do capital na formação do produto brasileiro, representado pela média dos anos de escolaridade, da PEA, foi estimada em 0,38. Tavares et al. (2001), usando como *proxy* a média dos anos de estudo da PNAD e ponderando a força de trabalho pelo estoque de capital humano, encontraram uma elasticidade de 0,23 para o Brasil. No estudo desenvolvido por Mankiw et al. (1992), a elasticidade do capital humano variou entre 0,66 e 0,76. No entanto, os autores concluem que cada um dos fatores

utilizados na função de produção deveria participar com a mesma fração do produto,  $1/3$ .

Na seção a seguir será avaliada a trajetória temporal da taxa de crescimento da PTF para a Amazônia Legal e os respectivos estados, levando-se em consideração as características inerentes à região. Os resultados, em alguns casos, diferem das tendências observadas para o Brasil e para outras regiões brasileiras. No entanto, essas ocorrências podem ser explicadas, em parte, pelos seguintes aspectos:

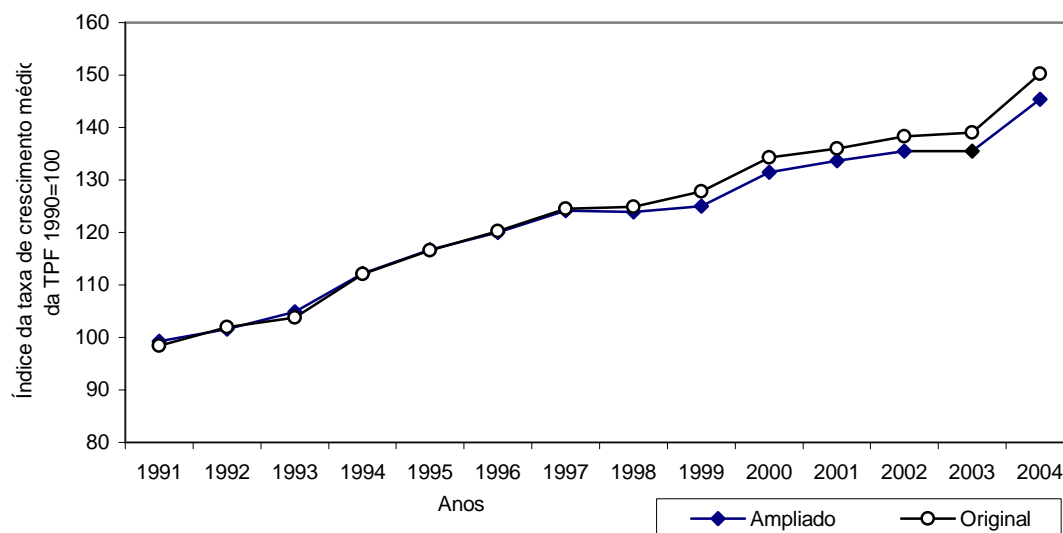
- a) o modelo escolhido para representar a região é bastante restritivo, pois admite que todos os estados da Amazônia Legal apresentam a mesma função de produção;
- b) as suposições sobre a taxa média de investimento e a taxa de depreciação do capital, feitas por Mendes (2005), usadas para determinar o capital inicial e o estoque de capital total da economia do país, podem divergir, principalmente no primeiro caso, dado que as taxas de investimento na região são diferentes das observadas nas regiões Sul e Sudeste do país;
- c) a variável *proxy* usada para representar o fator trabalho reflete o total de pessoas empregadas com vínculo formal e registradas na Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). Essa série é mais representativa para região do que a série obtida pelos dados da PNAD ou a da população ocupada, disponibilizada pelo IBGE. No entanto, apresenta o viés de não captar a mão-de-obra alocada no mercado informal.

Após as considerações sobre os componentes da função de produção analisam-se, a seguir, os resultados da PTF, os resultados da regressão dos fatores capital humano, social, físico e natural, além dos incentivos.

#### **6.4. Resultados para PTF**

Inicialmente, avalia-se o comportamento longitudinal da PTF para cada estado da Amazônia Legal, no período de 1990-2004, conforme os resultados apresentados nas Tabelas 1B e 2B do Apêndice B. A Figura 17 mostra que a PTF

da região apresenta trajetória crescente para ambos os modelos de análise. Os dois modelos, caminham com taxas muito próximas no período de 1990-97 e a partir de 1998, as taxas do modelo original crescem mais do que as do modelo ampliado.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 17 – Taxa de crescimento médio anual da PTF, segundo função de produção original e ampliada, Amazônia Legal, 1990-2004.

Ao analisar mais detalhadamente o comportamento da PTF, exposto na Figura 17, observam-se três períodos com inclinações distintas da curva:

- o primeiro, de 1991-1996, com inclinação mais acentuada, e taxa de crescimento média anual de 2,63% ao ano. Foi significativamente influenciado pelo processo de privatização do setor mineral;
- no período seguinte, de 1997-1998, em que a taxa de crescimento PTF foi de 1,63% ao ano, ocorreram privatizações de empresas públicas distribuidoras de energia elétrica dos Estados do Pará – Centrais Elétricas do Pará (CELPA), Mato Grosso – Centrais Elétricas do Mato Grosso (CEMAT), Tocantins – Centrais Elétricas do Tocantins (CELTINS), e Maranhão – Centrais Elétricas do Maranhão (CEMAR);

c) no terceiro período, correspondente ao intervalo de tempo de 1999- 2003, a PTF cresceu em média 1,81% ao ano. Crescimento influenciado, em grande medida, pelos investimentos do setor público em infra-estrutura de transporte, rodovias, saneamento e portos, além dos investimentos em logística e implementação de projetos do setor mineral, como o Onça e Puma – localizado em uma área que se estende pelos municípios de Ourilândia do Norte, São Félix do Xingu e Parauapebas, no Pará – da empresa *Canico Resourch Corp*, multinacional canadense, que investiu aproximadamente 680 milhões de dólares em pesquisa e implementação de máquinas e equipamentos para a extração de níquel (BLOGEOLOGIA, 2007); e por último, o salto de 7,32% no ano de 2004.

A tendência de crescimento da PTF na Amazônia Legal segue a mesma trajetória observada por Souza Júnior e Jayme Júnior (2002) para a PTF do Brasil, no período de 1994-2000, com crescimento médio anual de 0,60%, após apresentar trajetória decrescente nas décadas de 1970, 1980 e início dos anos 90. Essa reversão da trajetória, segundo os autores, deve-se, em parte, ao aprofundamento da abertura econômica que levou as empresas a se modernizarem, à elevação do investimento estrangeiro direto e ao processo de redução da presença do estado na economia, o que justificou a privatização de empresas estatais, que, administradas pelo setor privado, passaram a investir em aumento de produtividade e qualidade dos produtos. Como resultante do ganho de produtividade, teve-se a geração de externalidades positivas para as demais empresas da mesma cadeia produtiva ou de empresas que utilizavam seus serviços.

A Tabela 18 resume alguns estudos existentes na literatura econômica a respeito da evolução da PTF no Brasil, para diversos períodos. De acordo com a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP (2007), é válido salientar que a taxa de crescimento da PTF, para os anos de 1990, ficou entre 0,90% e 2,10%, para a economia como um todo; e entre 1,16% e 3,35% para a indústria de transformação, mostrando uma reversão da tendência de queda registrada na década de 1980.

Tabela 18 – Trabalhos referentes ao comportamento da PTF no Brasil, encontrados na literatura econômica

Estudo	Setor	Período	PTF(%)
Bonelli/Fonseca (1998)	Economia, de forma geral	1971-80	2,20
		1981-90	1,00
		1991-97	2,10
Bonelli/Fonseca (1998)	Indústria de transformação	1971-80	0,08
		1981-90	-1,15
		1985-90	-0,84
		1991-97	3,35
Rossi Junior/Ferreira (1999)	Indústria de transformação	1985-90	-1,47
		1991-97	1,16
Bonelli (2001)	Economia, de forma geral	1990-00	1,21
		1995-00	1,57
Silva Filho (2001)	Economia, de forma geral	1980-92	-0,70
		1993-00	0,90
Bonelli/Fonseca (1998)	Agricultura	1978-80	-3,05
		1980-90	1,80
		1991-96	2,96

Fonte: Fiesp (2007).

Na seqüência de estudos realizados com o objetivo de se avaliar o comportamento da PTF no Brasil, o trabalho desenvolvido por Pastore et al. (2007), confirma a tendência crescente da PTF para o Brasil no período de 1992-2006 e apresenta a taxa de crescimento médio anual da contribuição da PTF para a variação do produto potencial de 0,7% ao ano. Três sub-períodos são analisados quanto às variações da contribuição da PTF e alguns fatos são apontados como forma de explicar, em parte, o comportamento da série: para o período do primeiro trimestre de 1992 ao quarto trimestre de 1997 (1,3%), destaca-se a ampliação da abertura comercial, a implantação do Plano Real e a estabilidade de preços, as reformas estruturais da previdência do setor privado e o processo de privatização das telecomunicações; no período do primeiro trimestre

de 1998 ao quarto trimestre de 2002 (-0,1%), destaca-se a crise provocada pela mudança da regra de câmbio fixo para o flutuante e o período de transição do Governo Fernando Henrique Cardoso para o Governo Lula, além da crise na Argentina, o que provocou a elevação das taxas de juros e a redução dos investimentos; o último período, primeiro trimestre de 2002 ao segundo trimestre de 2006 (0,9%), foi de retomada do crescimento da PTF. Essa trajetória de crescimento da PTF resulta, em grande medida, da estabilidade macroeconômica e da redução de riscos dos investimentos.

O estudo realizado por Ferreira et al. (2005) avalia o comportamento da PTF no Brasil, entre 1970 e 1998, utilizando uma função de produção Cobb-Douglas dada por  $Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^{1-\alpha}$ , com parâmetro o  $\alpha = 0,40$ , que representa a participação da renda do capital na renda nacional.

Os resultados sugerem que a PTF do período apresenta tendência decrescente. Nos diversos casos analisados, a PTF é calculada levando-se em consideração a utilização da capacidade instalada, as modificações no uso do capital, a mensuração do capital por meio do consumo de energia elétrica, as distorções no preço relativo, o capital humano e os investimentos específicos em determinada tecnologia. Os resultados mostraram que o único caso que apresenta modificações no comportamento da PTF foi aquele em que ocorreu a correção de distorções no preço relativo, em que há recuperação da PTF a partir do início dos anos de 1990.

A investigação realizada por Ferreira e Malliagros (1998), sobre os impactos da infra-estrutura no Brasil, no período de 1950-1995, calculou a PTF com base nos modelos de crescimento endógeno proposto por Romer (1986) e no modelo exógeno da forma  $Y_t = \exp(z_t) A K_t^\alpha L_t^\beta G_t^\phi$ , em que o capital em infra-estrutura é um dos fatores de produção. Os valores de  $\alpha$  foram 0,4; 0,5 e 0,6. Os resultados indicam que a PTF tem trajetória declinante no período de 1975 a 1991, e que a partir de 1992 ocorre uma inversão da inclinação, esboçando uma reação positiva.

Na apresentação do estudo denominado “Brasil, no limiar de um período de crescimento mais rápido?”, Pessoa (2007) sugere que a PTF para o Brasil

segue uma trajetória crescente de 1992 a 1996; no período seguinte, de 1997 a 2002, fica estável e volta a crescer a partir de 2003. Os possíveis motivos para a retomada do crescimento da PTF, segundo esse autor são as reformas microeconômicas e a redução do risco macroeconômico.

O estudo sobre o crescimento econômico (FIESP, 2007) mostra que a variação média anual da PTF, para o período de 1991-1999, foi da ordem de 2,12%, 1,90%, 1,68% e 1,46% ao ano, para as simulações realizadas usando os valores 0,3; 0,4; 0,5; e 0,6, respectivamente, para representar a elasticidade do produto em relação ao capital. Este estudo conclui que a década de 90 apresentou padrão de crescimento diferente das anteriores e que a PTF passa a ter papel fundamental na evolução da economia brasileira.

No contexto da Amazônia Legal, para o período de 1990-2004, de acordo com os dados das Tabelas 1A, 2A, 3A e 1B do Apêndice, a taxa de crescimento médio anual do produto foi de 3,53% ao ano; a taxa do fator trabalho e da PTF foi de 3,88% e 2,75% ao ano, respectivamente; enquanto a formação de capital foi da ordem 0,4%, ao ano. Ou seja, a taxa média de crescimento da PTF tem papel fundamental no crescimento do produto.

Na região amazônica observou-se, nesse período, a ampliação da cadeia produtiva de produtos como gado, frutas, castanhas, pesca artesanal e industrial, madeira, móveis e artefatos de madeira (SANTANA, 2001, CARVALHO, 2005). Outros setores econômicos sofreram expansão de suas atividades, como é o caso do setor de minerais não-metálicos, ferro e gusa, turismo ecológico, eletroeletrônico, mecânico e o de transporte de duas rodas.

O processo de privatização de empresas como a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e suas subsidiárias<sup>10</sup>, assim como os investimentos realizados na ampliação da capacidade de produção, em pesquisas geológicas, infra-estrutura de rodovias e equipamentos para viabilizar a exploração de novas minas e a

---

<sup>10</sup> A CVRD e suas subsidiárias (Mineração Rio do Norte, Albras, Alunorte, Docegeo e Pará Pigmentos) juntas representam, aproximadamente, 15% da produção mineral do Brasil, com destaque para os minérios de ferro, manganês, ouro, cobre, bauxita e caulim, além da produção de alumínio (NOVAES, 2002).

instalação de novas plantas industriais, contribuíram para a tendência crescente da PTF na região.

As empresas estaduais de distribuição de energia elétrica e de telecomunicações também foram privatizadas e foram realizadas melhorias na expansão e qualidade dos serviços, na região. Segundo dados obtidos por Mendes (2005) junto à Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), o total de telefones fixos (residenciais e públicos) em serviço no ano de 2004 (2.998.117 unidades) era 6,6 vezes superior ao existente em 1990 (454.293 unidades). O consumo de energia elétrica na região, medido em MWh, segundo os dados do IPEAData (IPEA, 2007), passou de 8.210, em 1990, para 12.979, em 2002, uma elevação de 58,1%. A ampliação da infra-estrutura de telecomunicações e de energia elétrica na região amazônica explica, em parte, o crescimento da PTF após 1994.

A variação média anual da PTF para o período de 1990 a 2004, segundo os estados da Amazônia Legal, é apresentada na Tabela 19 para os dois modelos da função de produção, o original e o ampliado. A taxa de crescimento da PTF dos dois principais estados da região, Amazonas e Pará, foram de 1,07 % e 0,99% ao ano, respectivamente. Esse resultado é próximo ao obtido por Marinho et al. (2002), que encontraram taxas de 1,01% para o Amazonas e 0,99% para o Pará, utilizando o índice de produtividade calculado, para o período de 1986-1995. Nesse estudo foram encontradas evidências de que, para a região Norte, a tendência da produtividade total é mais fortemente determinada pela variação tecnológica que pela variação da eficiência técnica. Conclui-se que os ganhos de produtividade na região Norte são maiores a partir de 1992, quando ocorre a recuperação da capacidade de absorção tecnológica.

Tabela 19 – Taxa média de crescimento anual por estado, tipo de função de produção, estados da Amazônia Legal, 1990-2004

Estado	Original	Estado	Ampliado
AM	1.07884	MA	1.081
RR	1.05659	TO	1.055
AP	1.05357	MT	1.001
MT	0.99763	RR	0.995
RO	0.99512	AP	0.989
TO	0.99496	PA	0.988
PA	0.99109	RO	0.987
AC	0.97256	AC	0.987
MA	0.95241	AM	0.972

Fonte: Resultados da pesquisa.

O estudo realizado por Tavares et al. (2001) mensurou a PTF dos estados brasileiros para o período de 1986-1998, com e sem a presença do capital humano, a partir da função de produção tipo Cobb-Douglas simples e ampliada pelo fator capital humano. Nessa pesquisa foi admitida como variável *proxy* do fator capital o consumo de energia elétrica não-residencial; para o caso da força de trabalho, a *proxy* usada foi a população ocupada segundo os dados da PNAD; em relação ao estoque de capital humano, foi utilizada como variável *proxy* a escolaridade média da população ocupada. Foram apresentados resultados para quatro estados da região. Para o modelo sem capital humano, os resultados ficam abaixo dos apresentados na Tabela 19, quais sejam: Mato Grosso (0,541), Amazonas (0,530), Maranhão (0,516) e Pará (0,500). No caso do modelo com capital humano as taxas foram: Mata Grosso (0,621), Amazonas (0,602), Maranhão (0,592) e Pará (0,584). Como pode ser observado, em ambos os modelos os resultados diferem quanto ao posicionamento dos estados, quando colocados em ordem decrescente. Essa divergência de valores resulta, em grande

medida, das variáveis utilizadas como *proxies* e do modelo utilizado para se estimar os coeficientes da produtividade sem o capital humano.

As Tabelas 1B e 2B, do Apêndice, apresentam as variações anuais da PTF, segundo os estados da Amazônia Legal, no período de 1990-2004, para a função de produção original e ampliada. As médias e o coeficiente de variação temporal, usando o modelo original, mostram que os Estados do Tocantins, Roraima e Acre são os que apresentam as maiores taxas de variação com 17,55%, 14,57% e 14,27%, respectivamente. Os menores coeficientes de variação foram encontrados para os Estados do Amapá (11,88%), Pará (12,12%) e Mato Grosso (12,70%).

A taxa de crescimento geométrico anual da PTF<sup>11</sup>, para a Amazônia Legal, foi de 2,95% ao ano, como pode ser observado na Tabela 20. A taxa de crescimento foi calculada levando-se em consideração o fato de os resíduos da regressão do tempo sobre a TPF apresentarem-se homocedásticos, não autocorrelacionados e com evidências de que a amostra provém de uma distribuição normal, de acordo com os testes de White, LM- Breusch-Pagan-Godfrey e o teste de normalidade dos resíduos, de Jarque-Bera.

Tabela 20 – Taxa de crescimento médio geométrico anual da PTF, estados da Amazônia Legal, 1990-2004 (em %)

	AC	AM	AP	MA	MT	PA	RO	RR	TO	
Taxa de crescimento	3,07	3,34	2,69	2,86	2,82	2,65	2,88	3,23	3,10	
Probabilidade	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Amazônia Legal										
Taxa de crescimento geométrico médio entre os Estados							2,95			

Fonte: Resultados da pesquisa.

<sup>11</sup> Obtida de acordo como sugerido por Gujarati (2000).

O Estado do Amazonas foi o que apresentou a taxa de crescimento anual mais elevada, 3,34% a.a., resultante, em grande medida, dos avanços tecnológicos obtido pelas indústrias que atuam no setor de eletro-eletrônico, mecânica e de transporte de duas rodas, localizadas no Pólo Industrial de Manaus.

Os Estados de Roraima, Tocantins e Acre registraram taxas de crescimento da PTF de 3,23% a.a., 3,10% a.a. e 3,07% a.a., respectivamente. Em relação ao Acre, essa taxa pode ser atribuída aos avanços tecnológicos do setor agropecuário e da implantação de agroindústrias ligadas a esse setor. A elevação da participação da indústria de transformação na composição do valor adicionado também contribuiu para a elevação da taxa de crescimento da PTF, bem como para a ampliação de obras de infra-estrutura em rodovias, portos e cidades do interior da Amazônia. No Maranhão (2,86% a.a.), a ampliação da infra-estrutura de ferrovias e portos, que melhorou a logística de escoamento, pelo porto de Itaqui, do minério de ferro e outros minerais extraídos da Serra de Carajás e da região Sudeste do Pará, contribuiu, fortemente, para a formação da taxa de crescimento da PTF deste estado.

Em relação aos Estados de Rondônia, Mato Grosso e Pará, as taxas de crescimento médio anual foram de 2,88% a.a., 2,82% a.a. e 2,65% a.a. No caso do Pará, os dados do Plano Amazônia Sustentável (PAS) mostram a elevação da participação do valor adicionado da indústria de transformação. No entanto, esse setor concentra-se em atividades ligadas ao setor de alimentos e bebidas, madeira, couro e outras atividades, diferente das desenvolvidas no Amazonas. O Estado de Rondônia, por sua vez, se destaca pelas atividades ligadas ao setor agropecuário e à indústria de transformação do setor de gênero alimentício.

Diante dos resultados apresentados por outros autores para o comportamento temporal da PTF na economia brasileira, em geral, ou para setores específicos como a indústria e a agricultura, pode-se afirmar que o comportamento da PTF para a Amazônia Legal segue a mesma trajetória verificada para o Brasil. De forma que, guardadas as características inerentes às atividades produtivas na região, pode-se inferir que os fatos relatados acima

influenciaram o comportamento da PTF da região, além da própria dinâmica interna da economia local.

Como o resíduo de Solow representa a parcela da variação do produto que não é explicada pelas variações ocorridas nos fatores de produção capital e trabalho, a fim de identificar as fontes determinantes da PTF, a seção a seguir apresentará os resultados da regressão de variáveis representativas do capital humano, infra-estrutura, capital social, capital natural, e a importância dos investimentos realizados na região, com recursos oriundos do FINAM e do FNO.

### **6.5. Determinantes da PTF na Amazônia Legal**

Nesta seção, são avaliados os fatores determinantes do comportamento da PTF na Amazônia Legal, a partir de diferentes modelos de estimação dos coeficientes da equação a seguir, em sua especificação estática e dinâmica:

$$PTF_{it} = \gamma + X_{it}\beta_i + \alpha_i + \varepsilon_{it}, \quad (16)$$

em que  $X$  é a matriz de regressores. Todas as variáveis exógenas estão em logaritmo natural. A variável energia elétrica foi retirada do conjunto de regressores, uma vez que o diagnóstico preliminar mostrou que ela é não estacionária, com base nos testes de raiz unitária. Os regressores usados na equação (16) foram: LX0 (desmatamento); LX1 (escola); LX2 (cooperativas); Infra [índice quantitativo analítico constituído pelas variáveis: LX3 (telefone) e LX4 (estradas)]; LX6 (FINAM) e LX7 (FNO).

A construção do índice sintético quantitativo para a infra-estrutura foi a forma encontrada para eliminar os problemas decorrentes da correlação linear existente entre os regressores, como realizado por Calderon e Servén (2003) e Ascari e Cosmo (2004), a partir do uso da técnica de estatística multivariada das componentes principais. De acordo com os dados da Tabela 21 os resultados mostram moderada correlação linear positiva e, estatisticamente significativa

entre as variáveis, Telefone e Rodovia (0,655); Telefone e Energia (0,538), enquanto a relação Estrada e Energia (0,073) é não significativa.

Tabela 21 – Resultado da correlação linear entre as variáveis representativas do capital físico, Amazônia Legal, 1990-2004

	Telefone	Energia	Estrada
Telefone	1		
Energia	0,538***	1	
Estrada	0,655***	0,073 (NS)	1

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: \*\*\* Significativo a 1%; NS = não-significativo.

A nova variável obtida pela combinação linear carrega as características observadas em cada uma das variáveis, que compõem sua formação linear. O índice quantitativo de infra-estrutura apresentou a seguinte expressão algébrica para o primeiro componente principal, com cerca de 82% da variabilidade total do fator. Ambas as variáveis apresentaram alta correlação positiva (0,910) com a primeira componente principal:

$$i\_infra_{it} = 0,910Tel_{it} + 0,910Rod_{it} . \quad (6.2)$$

Os resultados da Tabela 22 são usados para avaliar a qualidade da especificação do modelo, levando-se em consideração dois conjuntos amostrais: o primeiro, contemplando os estados da Amazônia Legal, denominado de AL; e o segundo, contemplando os estados da região Norte, denominado de RN. A diferença entre os grupos deve-se ao fato de que na AL os recursos do FINAM são destinados aos estados da região Norte, mais os estados do Mato Grosso e do

Maranhão, enquanto o FNO atende somente aos estados da região Norte. De forma que no primeiro grupo (AL) capta-se o efeito dos instrumentos creditícios na Amazônia Legal, e no grupo RN, observa-se o impacto de ambos os instrumentos de política regional para a região Norte.

Tabela 22 – Resultado dos testes de especificação do modelo dos determinantes da PTF, Amazônia Legal e região Norte, 1990-2004

Tipo de teste	EF (AL)	EF (RN)
Termo $\alpha_i = 0$ para todo $i$	F(8,101)=6,01	F(6,76)=4,35
Heteroscedasticidade	$\chi^2(9)=57,72$	$\chi^2(7)=15,31$
H0: $\sigma_i^2 = \sigma^2$ para todo $i$	Prob> $\chi^2(9) = 0,051$	Prob> $\chi^2(9) = 0,032$
Teste de efeitos aleatórios	$\chi^2(1)=6,48$	$\chi^2(1)=1,57$
H0: variância do componente de seção cruzada é zero ( $\sigma_\alpha^2 = 0$ )	Prob> $\chi^2(1) = 0,010$	Prob> $\chi^2(1) = 0,210$
Teste de Hausman	$\chi^2(5)=9,88$	$\chi^2(6)=33,62$
H0: diferença entre os coeficientes são aleatórias	Prob> $\chi^2(5) = 0,000$	Prob> $\chi^2(6) = 0,0000$
Autocorrelação	$F(1,8)=8,756$	$F(1,6)=5,464$
H0: ausência de correlação serial de 1ª ordem	Prob> $F(1,8) = 0,018$	Prob> $F(1,6) = 0,058$

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Os valores entre parênteses referem-se aos graus de liberdade utilizados em cada um dos testes.

Os testes mostram que a heteroscedasticidade entre os estados é significativa em nível de 1% de probabilidade. Os erros não são correlacionados, em primeira ordem, de forma significativa. A correlação serial é ausente na distribuição do erro aleatório se foram tomados os níveis de significância de 1% e 5%. O teste de aleatoriedade rejeita a hipótese de que a variância do termo de erro, referente ao efeito individual seja nula, indicando que o modelo de EF é o

mais adequado para captar esses efeitos no processo gerador da variável dependente.

O resultado significativo do teste de Hausman induz a rejeição da hipótese nula, de que as diferenças entre os coeficientes são aleatórias, além de mostrar que o efeito específico é correlacionado com os regressores. Com isto, concluí-se que o modelo de EF é o mais adequado por gerar estimadores consistentes. Além do mais, o teste F indica que existe significativo efeito individual, ou seja, que os termos de intercepto são distintos entre os estados, implicando que a estimação dos coeficientes pelo MQO em grupo (*pooled OLS*) não é apropriado. Diante desses resultados, o modelo de EF se apresenta como o mais adequado para a modelagem do processo gerador da PTF, em que o termo específico da equação (16), ou seja, as características específicas de cada estado permanecem constantes no decorrer do período de tempo em análise.

As colunas 1 e 3 da Tabela 23 contemplam os coeficientes estimados pelo modelo de EF para os regressores da equação (16). Os dados mostram que a correlação entre o termo específico ( $\alpha_i$ ) e os regressores é de -0,745 e -0,635, respectivamente. Na composição do termo de erro, 64,1% e 48,9%, respectivamente, da variância total, é devido ao termo específico de efeito individual, o que contribui para ampliar as evidências sobre a adequabilidade do modelo de EF ao processo de geração da PTF. Além disso, sugerem que elevada fração da variação, na PTF, está relacionada às diferenças interestaduais no progresso tecnológico, principalmente na amostra referente à Amazônia Legal.

Tabela 23 – Resultados dos coeficientes estimados por EF, EA, para PTF de acordo com a equação (16), Amazônia Legal e região Norte, 1990-2004

Variável	EF (AL) (1)	EA (AL) (2)	EF (RN) (3)	EA (RN) (4)
Const.	-1,157*** (0,178)	-0,394*** (0,089)	-0,966*** (0,245)	-0,342** (0,166)
Desm.	0,010 (0,014)	-0,024*** (0,005)	-0,007 (0,017)	-0,030*** (0,006)
Educação	0,576*** (0,089)	0,273*** (0,039)	0,407*** (0,118)	0,198*** (0,063)
Coop.	0,071*** (0,012)	0,065*** (0,010)	0,071*** (0,013)	0,063*** (0,012)
Infra	0,019 (0,015)	0,020** (0,010)	0,028 (0,017)	0,009 (0,012)
FINAM	-0,007 (0,005)	-0,009* (0,005)	-0,004 (0,007)	-0,011* (0,006)
FNO	- -	- -	0,018** (0,008)	0,013* (0,008)
N.º de observações	115	115	89	89
Corr ( $\alpha_i, Xb$ )	-0,745	0	-0,635	0
$\sigma_\alpha$	0,102	0	0,079	0
$\sigma_\varepsilon$	0,076	0,076	0,080	0,080
Fração da variância devida a $u_i$	0,6406	0	0,489	0

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%. Os valores entre parênteses referem-se aos erros padrão.

Antes de analisar a intensidade e a direção das relações dos regressores com a variável dependente, é válido salientar que os coeficientes foram estimados usando-se o modelo de estimação dentro de grupos, que se utiliza da transformação das variáveis obtidas pelo desvio de cada observação, em relação à média dentro de cada seção cruzada, ou grupo, e não de variáveis *dummies* como no modelo de MQVD. Com isso, a relação passa a ser entre os desvios, acima e abaixo da média, da variável dependente e dos regressores, de tal forma que variáveis que não sofrem variações, devem ser excluídas do conjunto de regressores, tais como: sexo, cor e outras características específicas, o que não é

o caso neste trabalho. O termo de intercepto da unidade específica (ou estado) absorve toda a heterogeneidade na PTF e na matriz de regressores  $X_{it}$ . Outra característica importante usada pelo modelo de EF é a de que os termos de erro são independentes e identicamente distribuídos (i.i.d), além de não correlacionados contemporaneamente entre as seções cruzadas.

O coeficiente do regressor educação é positivo e significativo para ambos os casos, indicando que um aumento de 10% no nível médio de escolaridade provoca uma elevação de 5,7% e 4,07% na PTF da AL e da RN, respectivamente, mantendo tudo mais constante, o que mostra a importância do investimento em capital humano para promover o crescimento econômico na Amazônia, no período. Esse resultado está de acordo com o postulado por Becker et al. (1990), e com as idéias de Romer (1986) e Lucas (1988) sobre as externalidades positivas geradas pelos investimentos em educação, ciência e tecnologia e inovação.

O efeito positivo da educação sobre o crescimento econômico está em conformidade com as evidências encontradas por Mankiw et al. (1992) no que se refere à importância do capital humano no processo de crescimento e diferenciação econômica entre os países. Calderon e Servén (2003) também encontraram evidências de relação positiva entre os anos médios de escolaridade e o produto *per capita* para alguns países da América Latina. O estudo desenvolvido por Ascari e Cosmo (2004) sobre os determinantes da PTF em regiões da Itália apontam evidências positivas para o efeito da educação, com o parâmetro variando entre 0,08 e 0,15, para as regiões Norte e Sul, respectivamente. No Brasil, os estudos desenvolvidos por Dias e Dias (2004), Souza (2004), Duarte et al. (2006) e Tavares et al. (2001) apontam evidências significativas dos efeitos positivos dos anos de estudos sobre a PTF.

A relação positiva entre a variável representativa do cooperativismo e a PTF com elasticidade de 0,07, estatisticamente significativa a 1%, para ambos os grupos de variáveis, aponta evidências sobre a importância de ações coletivas para o crescimento da região amazônica. A correlação positiva da variável cooperativa com a PTF está alinhada com a teoria desenvolvida por Putnam

(2002) sobre os determinantes do capital social na Itália. O trabalho desenvolvido por Grootaert (2001), sobre as diversas formas de mensurar o capital social, em nível institucional local, encontrou evidências de que o efeito do capital social é predominante sobre a renda para países como Bolívia, Burkina Faso e Indonésia. Ascari e Cosmo (2004) utilizando o modelo de MQVD encontraram evidências de relação negativa entre a variável representativa do capital social e a PTF para Itália, porém, não significantes a 5%. Ao avaliar a relação dos fatores ligados ao capital social e institucional com o produto *per capita*, em condados dos Estados Unidos, Rupasingha et al. (2002) encontraram evidências de que elevados níveis de capital social têm efeitos positivos sobre o crescimento econômico, representado pela renda *per capita*. O trabalho desenvolvido por Souza (2004) apresenta evidências da relação positiva entre o número de cooperados (de cooperativas rurais, de crédito, previdenciárias e de saúde) por região brasileira e a PTF.

Os coeficientes estimados para as variáveis desmatamento, infraestrutura e FINAM foram não-significativos. No entanto, há evidências da relação positiva do FNO com a PTF, em nível de 5% de significância. Os coeficientes não-significativos, ou com baixa significância estatística, e sinais contrários ao esperado pela literatura econômica sobre os determinantes do crescimento econômico, sinalizam para a busca de uma especificação mais adequada do modelo da PTF.

É importante salientar que, no período em análise, ocorreram vários choques macroeconômicos no país, com reflexos sobre a economia da região amazônica, entre eles a ampliação da abertura comercial; o Plano Real; a política cambial de valorização do real; e a adoção da Lei Kandir, desonerando as exportações e reduzindo o nível de arrecadação dos estados. O reflexo dessas medidas sobre a região amazônica foi significativo, atingindo positiva ou negativamente, diversos setores econômicos, em diferentes magnitudes, como exemplo: o Pólo Industrial de Manaus (PIM) teve redução nas alíquotas de isenção de impostos com reflexo direto na elevação dos custos de produção e na perda de competitividade (NASCIMENTO; LIMA, 2005); o setor madeireiro

perdeu competitividade no mercado internacional devido à sobrevalorização do real, ao aumento da fiscalização do IBAMA, ao elevado grau de burocratização para efetuar transações com o exterior, além da entrada de multinacionais ligadas ao setor de exploração e beneficiamento de madeira, o que levou ao fechamento de várias pequenas empresas nos vários pólos madeireiros, e contribuiu para a ampliação do contingente de desempregados da força de trabalho da região (GOMES, 2003).

No setor mineral, o efeito das medidas tem reflexo oposto ao ocorrido nos demais setores, uma vez que com a abertura do setor e a definição de novos marcos regulatórios para a exploração de recursos minerais, empresas multinacionais, que dominam a exploração e beneficiamento de minérios no mundo, passaram a explorar os recursos minerais do subsolo amazônico com vistas a atender a crescente demanda mundial, influenciada, significativamente, pela participação da China. A privatização da Companhia Vale do Rio Doce e de suas subsidiárias, também contribuiu para a exploração de novas jazidas e a ampliação da participação de produtos minerais na pauta de exportação da região.

O reflexo desses acontecimentos sobre as atividades produtivas da região ocorre de forma defasada, e a intensidade sobre as atividades econômicas depende do grau de interação das economias estaduais com os grandes centros nacionais e internacionais fornecedores de insumos intermediários. Dessa forma, os regressores Infra, FINAM e FNO podem afetar a PTF não pelos seus valores presentes, mas sim pelos valores passados ou defasados que se encontram no termo de erro, cujo efeito se dá a partir de um choque na economia da região, com reflexos sobre a PTF, distribuídos ao longo do tempo.

Diante desses fatos optou-se por estimar a equação (16) através de modelos que utilizam variáveis instrumentais (VI) que apresentam duas propriedades: estão fortemente correlacionadas com os regressores, mas não correlacionadas com o termo de erro. O conjunto de VI, usado como instrumento, é formado pelos valores defasados das variáveis indicadas como sendo relacionadas com o termo de erro.

Na estimação dos coeficientes resumidos na Tabela 24 foi usado o modelo de EF com base em dois métodos: o de MQ2E, assumindo-se que os erros são i.i.d, o qual gera estimadores consistentes e eficientes. Porém, ao violar a suposição de i.i.d, os estimadores são consistentes, mas ineficientes; no segundo, o MMG, que garante estimadores consistentes e eficientes na presença de erros não i.i.d. Os métodos utilizados se diferenciam com relação à matriz de pesos usada para ponderar a matriz de covariância, que tem papel preponderante nos casos em que possa ocorrer a presença de restrições de sobre-identificação.

As colunas 1 e 2 da Tabela 24 apresentam os coeficientes da equação (16) estimados pelo método de MQ2E para o modelo de EF, ou seja, modelo de estimação dentro de grupos ou *within group*.

Vê-se que a correlação do termo específico e os regressores é elevada e de sinal negativo para ambos os modelos, -0,885 e -0,847, respectivamente. A fração da variância total explicada pelo termo específico equivale a 93,0% e 90,3%, respectivamente. A hipótese de que o coeficiente específico é igual para todas as seções cruzadas é significativamente rejeitada, indicando que as características específicas dos estados estão sendo captadas pela modelagem do processo gerador da PTF.

O resultado do teste de Sargan, com relação à restrição de sobre-identificação, induz à aceitação, de forma significativa, para ambos os modelos, da hipótese de que os instrumentos utilizados são válidos, ou seja, de que eles não estão correlacionados com termo de erro. As variáveis instrumentadas, isto é, aquelas que se supõem estarem correlacionadas com o termo de erro foram Infra, FINAM e FNO, e o número de defasagens de cada variável é apresentado no rodapé da Tabela 24. A estimação pelo método de MQ2E assume homocedasticidade e a matriz de covariância é  $\Omega = \sigma^2 I$ .

Tabela 24 – Resultados dos coeficientes estimados por EF para PTF de acordo com a equação (36), usando variáveis instrumentais (VI) e o método de MQ2E e MMG, Amazônia Legal, 1990-2004

Variável	VIMQ2E (AL) (1)	VIMQ2E (RN) (2)	VIMMG (AL) (3)	VIMMG (RN) (4)
Const.	-0,803*** (0,177)	-0,799*** (0,212)	-	-
Desm.	0,040** (0,015)	0,031** (0,014)	0,032** (0,010)	0,032*** (0,012)
Educação	0,335*** (0,063)	0,335*** (0,078)	0,285*** (0,056)	0,208*** (0,049)
Coop.	0,025*** (0,007)	0,042*** (0,008)	0,021*** (0,056)	0,024*** (0,004)
I_Infra	0,028*** (0,09)	0,020* (0,011)	0,053*** (0,010)	0,059*** (0,010)
FINAM	-0,006** (0,003)	-0,008** (0,004)	-0,007** (0,002)	-0,006 (0,010)
FNO	-	0,003 (0,004)	-	0,010*** (0,003)
N.º de observações	59	52	59	45
Corr. ( $\alpha_i, Xb$ )	-0,885	-0,847	-	-
$\sigma_u$	0,105	0,100	-	-
$\sigma_\varepsilon$	0,028	0,032	-	-
Fração da variância devida a $u_i$	0,93	0,903	-	-
Termo $\alpha_i = 0$ para todo $i$	F(8,45)=5,47	F(6,39)=5,28	-	-
Teste de Sargan	$\chi^2(11)=9,18$ Prob> $\chi^2(11)=$ 0,604	$\chi^2(12)=10,57$ Prob> $\chi^2(12)=$ 0,566	-	-
Teste de Hansen (J)	-	-	$\chi^2(11)=12,377$ Prob> $\chi^2(11)=$ 0,3360	$\chi^2(12)=9,370$ Prob> $\chi^2(12)=$ 0,6711

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%. Os valores entre parênteses referem-se aos erros padrão.

**Instrumentos**

**VIMQ2E (AL)**

Desm, Educação, Coop, Infra, Infra-1, Infra-2, Infra-3, Infra-4, Infra-5, Infra-6, Finam, Finam-1, Finam-2, Finam-3, Finam-4, Finam-5.

**VIMQ2E (RN)**

Desm, Educação, Coop, Infra, Infra-1, Infra-2, Infra-3, Infra-4, Infra-5, Finam-1, Finam-2, Finam-3, Finam-4, Finam-5, Fno, Fno-1, Fno-2.

**VIMMG (AL)**

PTF1-1, PTF1-2, Desm, Educação, Coop, Infra-1, Infra-2, Infra-3, Infra-4, Infra-5, Finam-1, Finam-2, Finam-3, Finam-4, Finam-5.

**VIMMG (RN)**

PTF1-1, PTF1-2, Desm, Educação, Coop, Infra-1, Infra-2, Infra-3, Infra-4, Infra-5, Finam-1, Finam-2, Finam-3, Finam-4, Finam-5, Finam-6, Fno-1, Fno-2.

Nas colunas 3 e 4 da Tabela 24 encontram-se os coeficientes estimados da equação (36) pelo modelo de EF, usando o MMG, assumindo que os erros são, condicionalmente, heteroscedásticos e autocorrelacionados. O fato de a equação ser sobre-identificada, segundo os resultados do teste J de Hansen, induz a obtenção de estimadores mais eficientes. Os coeficientes estimados pelo MMG são mais robustos do que os obtidos pelo MQ2E por apresentarem erros padrão inferiores.

O sentido da correlação encontrada para a variável educação (anos de estudo), em ambos os métodos de estimação, está em conformidade com os achados por outros autores que avaliam a relação entre o crescimento econômico e nível educacional. A intensidade da elasticidade auferida pelo VIMQ2E foi de 0,33 em ambas as regiões. No caso da elasticidade estimada por VIMMG os valores foram de 0,28 para a Amazônia Legal e 0,21 para a região Norte.

Em relação à variável representativa do capital social (cooperativas), os resultados estão em concordância com as evidências encontradas na literatura econômica do crescimento, porém, a intensidade das elasticidades estimadas por VIMQ2E e VIMMG são inferiores a obtida pelo método dentro de grupo.

As estimativas das elasticidades pelo método VIMMG são superiores as encontradas por VIMQ2E, em que o valor para a Amazônia Legal foi de 0,05 e o da região Norte, 0,06. A correlação positiva está em conformidade com os resultados obtidos por Calderon e Servén (2003 e 2004) que utilizaram índices semelhantes para avaliar o efeito da dotação de infra-estrutura sobre o crescimento econômico em países da América Latina e Caribe.

A investigação empírica realizada por Aschauer (1989) encontrou evidências de que infra-estruturas em estradas, aeroportos, esgoto, sistema de tratamento de água, etc. tenham maior poder de explicação para a produtividade. Segundo Moomaw e Williams (1991), os investimentos em educação e infra-estrutura de transporte contribuem positivamente para o crescimento da PTF e que a elasticidade da produtividade em relação ao investimento público feito em auto-estradas é da ordem de 0,25. O estudo realizado por Zhang e Fan (2004), mostra evidências de que a infra-estrutura de estradas e os sistemas de irrigação

contribuem positivamente para o crescimento da PTF da agricultura na Índia. Segundo Ferreira e Malliagos (1998), a elasticidade da produtividade, em relação ao investimento em infra-estrutura do setor privado, oscila entre 0,34 e 0,38, indicando que uma queda de 10% nos investimentos em infra-estrutura provocaria uma queda de 3,5% na PTF.

O trabalho desenvolvido por Silva e Fortunato (2007) investigou empiricamente a importância da infra-estrutura no crescimento de longo prazo da economia brasileira, usando dados para 26 unidades da federação, no período de 1985 a 1998. Nesse estudo foi aplicada a metodologia de dados em painel, assumindo o modelo de Efeitos Fixos. A variável despesa estadual em infra-estrutura foi usada como *proxy* do investimento no setor. O coeficiente de elasticidade em relação ao gasto dos estados com infra-estrutura foi de 0,08 para o Brasil, de 0,02 para as regiões Sul/Sudeste e de 0,24 para as regiões Norte/Nordeste. Desagregando os gastos em infra-estrutura de energia/comunicação e transporte, foi encontrado: 0,30 e 0,06, para o Brasil; 0,50 e -0,006 para as regiões Sul e Sudeste; 0,20 e 0,25 para as regiões Norte e Nordeste.

A correlação negativa entre o FINAM e a PTF é condizente com os estudos realizados por Kneller et al. (1999) para os países da OCDE. A investigação realizada por Beason e Weinstein (1996) não encontra evidências significativas de que o incentivo ao capital disponibilizado aos diferentes setores econômicos do Japão esteja correlacionado positivamente com o crescimento econômico. O trabalho desenvolvido por Lee et al. (1994) junto a 38 setores da indústria de manufaturas conclui pela não-correlação entre os incentivos ao capital e à PTF. No Brasil, Barreto et al. (2003) encontraram evidências significativas da não-influência do FINOR sobre a PTF das indústrias de transformação do Nordeste. Segundo Nascimento e Lima (2005), o FINAM perde a capacidade de ser o mais importante mecanismo de incentivos ao setor privado na região. Esses autores mostram que a participação das aplicações do FINAM em relação ao PIB passou de 2,33%, em 1990, para 0,66%, em 2000. Afirmam que a SUDAM (atual ADA) passou apenas a administrar a liberação de

recursos, e, em algumas vezes, de acordo com as demandas políticas locais, divorciando-se do seu objetivo maior que é o de induzir e fomentar o aproveitamento das potencialidades locais.

Em relação à correlação entre o FNO e a PTF, o resultado da estimação dos parâmetros pelo método VIMMG mostra-se mais robusto (0,04), quando comparado com os métodos dentro de IVMQ2E, indicando uma relação positiva entre o FNO e a produtividade, quando o regressor for defasado em até dois anos. Os resultados estão em consonância com os estudos desenvolvidos por Bergstrom (2000) para a Dinamarca, cujo principal achado foi a correlação positiva dos subsídios ao capital e o crescimento econômico. No âmbito da Amazônia, Varela (2001) encontra evidências significativas para a relação entre os recursos do FNO disponibilizados aos agricultores do Estado do Pará e o valor bruto da produção do setor agropecuário.

A taxa de desmatamento é positivamente correlacionada com a PTF, com significância de 5%, no caso do método MQ2E, em ambas as regiões. Para o método MMG, o coeficiente tem significância de 5% para a Amazônia Legal e 1% para a região Norte, indicando que elevações na taxa de desmatamento induzem ao aumento da PTF, em decorrência das externalidades proporcionadas pelas atividades ligadas, direta ou indiretamente, a cadeia produtiva dos produtos agropecuários.

Ao comparar os resultados da Tabela 24 com os da Tabela 23, verifica-se que, nos modelos em que se assume a relação entre alguns regressores e o termo de erro, o sinal da variável desmatamento é positivo. Isso evidencia que aumentos na taxa de desmatamento estão relacionados com a elevação da PTF, mantido tudo o mais constante, diferente do obtido pelos modelos em que a condição de ortogonalidade entre os regressores e o termo de erro  $E(Xu) = 0$ , é estritamente satisfeita.

De acordo com os estudos desenvolvidos por Cattaneo (2002) para o *International Food Policy Research Institute* (IPRFI), as tecnologias agrícolas desempenham papel importante na determinação do desenvolvimento da agricultura e do desmatamento na região amazônica e, dependendo do tipo de

cultura a ser implementada e dos retornos econômicos proporcionados, a pressão sobre a floresta para obtenção de novas áreas para o plantio tende a aumentar drasticamente, no longo prazo. As simulações apresentadas no estudo indicam que o aumento na produtividade está relacionado com a elevação do desmatamento no curto e no longo prazos.

O trabalho desenvolvido por Lopez et al. (1998) considera os capitais físico, humano e natural como fatores que afetam o crescimento. A amostra foi de 70 países, incluindo os classificados como ricos e pobres, além de países da África subsaariana. O diferencial desse estudo é que utiliza uma forma funcional flexível para equações de crescimento, que permite capturar os efeitos não-lineares das variáveis. Um dos resultados encontra evidências da correlação positiva entre taxa de crescimento do PIB e a área desflorestada relativizadas pelo estoque de operários quando aplicado uma função translogaritmo estimada pelo modelo de efeitos fixos.

A mudança de sinal da correlação entre a PTF e a taxa de desmatamento pode ser explicada, em parte, pela introdução das variáveis endógenas defasadas, que contribuíram para elevar o poder de explicação do conjunto de regressores, usados para modelar o processo gerador da PTF; e pelo fato de a matriz de peso ótimo levar em consideração a matriz de covariância dos erros obtidas no primeiro estágio do MQ2E, o que difere da matriz identidade utilizada neste mesmo modelo. De forma que estados com desvios maiores na taxa de desmatamento passam a ter peso maior, e não ponderações iguais como é feito no modelo de MQO.

A estimação dos parâmetros da equação (16) resumidos na Tabela 24 considera a presença de heteroscedasticidade e autocorrelação serial de primeira ordem, assim como assume um subconjunto de regressores que está correlacionado com o termo de erro, e os erros não são i.i.d. Porém, não considera a possível correlação contemporânea entre as seções cruzadas, o que pode ser constatado no trabalho desenvolvido por Guilhoto e Sesso Filho (2005) para a região e pelos resultados da matriz de correlação dos resíduos da equação (16) estimada pelo modelo de EF (ver Tabelas 3B e 4B do Apêndice).

É importante lembrar que, na fase de diagnóstico do processo de geração das variáveis envolvidas neste estudo, em especial ao que se refere à estacionariedade das séries, foi constatado que algumas delas apresentaram evidências estatísticas da presença de correlação serial e heteroscedasticidade no processo gerador da série. Dias e Dias (2004, 2005 e 2007) e Tavares (2001) também levaram em consideração os resultados dos testes de raiz unitária para dados em painel, propostos por Hadri, IPS, Pesaran e Fischer, incorporando as características presentes no processo gerador das séries quanto à heteroscedasticidade, autocorrelação serial e correlação contemporânea que influenciam o processo de modelagem dos dados.

Diante dessas suposições, optou-se por estimar os coeficientes da equação (16) pelo método dos MQGF, em que se estima a matriz de variância e covariância dos erros, bem como se admite que os erros não sejam distribuídos identicamente e de maneira independente, com isso tem-se  $\Sigma_u \neq \sigma^2 I$ .

Nas colunas 1 e 2 da Tabela 25 encontram-se os coeficientes estimados por MQGF, que corrige a variabilidade entre as variâncias das seções cruzadas. A correção conjunta da correlação contemporânea e heteroscedasticidade melhoraram a qualidade do modelo, cujo resultado do teste de heteroscedasticidade não apresenta evidências estatísticas significativas para rejeitar a hipótese nula de variância homogênea entre os estados.

O sinal positivo observado para a relação entre a PTF e os regressores Escola e Cooperativa apresentam evidência estatística significativa e estão em conformidade com a teoria econômica que versa sobre os determinantes do crescimento econômico e, as elasticidades se assemelham aos resultados obtidos pelo modelo IVGMM, que levam em consideração a violação do pressuposto i.i.d, mas não assumem a exogeneidade restrita.

A correlação do índice sintético da infra-estrutura com a PTF é positiva e significativa para a Amazônia Legal e não significativa para a região Norte, porém, com intensidade inferior à estimada pelos outros modelos.

Tabela 25 – Resultado dos coeficientes estimados por MQGF para PTF de acordo com a equação (16), Amazônia Legal, 1990-2004

Variável	MQGF (AL) (1)	MQGF (RN) (2)
Const	-0,291*** (0,133)	-0,242*** (0,100)
Desm	-0,018*** (0,002)	-0,024*** (0,002)
Educação	0,243*** (0,018)	0,160*** (0,040)
Coop	0,036*** (0,005)	0,042*** (0,007)
Infra	0,016*** (0,004)	0,0007 (0,007)
FINAM	-0,007 (0,002)	-0,006** (0,003)
FNO	- -	0,009* (0,005)
N.º de observações	135	105
Heteroscedasticidade	$\chi^2(9)=4,84$	$\chi^2(7)=6,91$
H0: $\sigma_i^2 = \sigma^2$ para todo $i$	Prob> $\chi^2(9)=0,84$	Prob> $\chi^2(7)=0,43$

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%. Os valores entre parênteses referem-se aos erros-padrão.

O sinal da variável desmatamento, por sua vez, diverge do encontrado nos modelos estimados por variáveis instrumentais, mas converge com os obtidos pelo “modelo dentro de”, indicando que as suposições feitas pelo modelo de MQGF – exogeneidade dos regressores estrita e correlação contemporânea – produzem matrizes de covariâncias distintas, com reflexos diretos sobre a estimação da variância dos erros padrão.

O efeito dos gastos governamentais alocados em incentivos fiscais sobre a PTF para a Amazônia Legal confirma a correlação negativa do FINAM e o efeito positivo do FNO sobre a PTF.

A Tabela 26 apresenta os resultados dos coeficientes da equação (16) estimados por MMG para modelos de dados de painel dinâmico, tomando-se as variáveis em diferenças – MMG Diferença –, ou a partir da constituição de um sistema formado pelas equações de regressão em nível e em defasagem da primeira diferença – MMG Sistema.

Tabela 26 – Resultado dos coeficientes estimados por MMG diferença e MMG sistema para PTF de acordo com a equação (16), Amazônia Legal, 1990-2004

Variável	MMG Diferença <sup>1</sup> (AL) (1)	MMG Diferença <sup>1</sup> (RN) (2)	MMG Sistema <sup>2</sup> (AL) (3)	MMG Sistema <sup>2</sup> (RN) (4)
Intercepto	0,015*** (0,001)	0,015*** (0,002)	-1,060 (0,565)	
PTF_1	0,252*** (0,068)	0,226*** (0,087)	0,824*** (0,072)	0,649** (0,332)
Desm	0,003 (0,005)	0,010 (0,006)	0,011 (0,026)	0,159 (0,115)
Educação	0,012 (0,031)	0,027 (0,037)	0,541** (0,259)	-1,585** (0,840)
Coop	0,007** (0,003)	0,009*** (0,003)	-0,016 (0,026)	0,019 (0,220)
Infra	-0,001 (0,004)	-0,002 (0,004)	0,037** (0,018)	-0,123 (0,082)
FINAM	0,000 (0,001)	-0,002 (0,002)	0,001 (0,002)	-0,024* (0,014)
FNO	- -	0,001 0,001	- -	0,037* (0,021)
Teste de Hansen <sup>3</sup>	-	-	1,000	1,000
Teste Arellano-Bond AR(1) em diferença	z=-2,03	z=-1,77	z=-1,57	z=-0,90
H0: Nenhuma correlação de 1.ª ordem nos resíduos	Prob>z=0,042	Prob>z=0,076	Prob>z=0,117	Prob>z=0,366
Teste Arellano-Bond AR(2) em diferença	z=-1,88	z=-1,82	z=0,30	z=-0,06
H0: Nenhuma correlação de 2.ª ordem nos resíduos	Prob>z=0,059	Prob>z=0,068	Prob>z=0,766	Prob>z=0,955

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%. Os valores entre parênteses referem-se aos erros padrão. 1. Método one-step; 2. Método two-step; 3. Tomado em termo do Valor\_p.

Os instrumentos usados para estimar MMG Diferença foram as variáveis exógenas defasadas de 2 a 4 períodos de tempos, incluindo PTF\_1. Os instrumentos usados para estimar MMG Sistema foram as variáveis exógenas defasadas de 2 a 4 períodos para a regressão em diferença, incluindo PTF\_1. Diferenças defasadas dessas variáveis como instrumentos para a regressão em nível, incluindo PTF\_1.

O teste de Arellano e Bond AR(1) e AR(2), em diferença, apresenta evidência estatística para a não rejeição da hipótese nula de inexistência de correlação serial de segunda ordem no termo de erro diferenciado, e que os instrumentos utilizados são adequados, tomando como base o teste de restrição de sobre-identificação de Hansen.

As estimativas geradas pelo uso da técnica do MMG Sistema são estatisticamente mais robustas do que as obtidas pelo método em diferença. Neste último, ocorre um viés de amostragem finita, pelo fato de as variáveis instrumentais utilizadas no processo serem fracas. Isso explica os baixos valores de correlação das variáveis com a PTF no modelo MMG Diferença.

O resultado mais expressivo do modelo MMG Sistema é a intensidade da correlação positiva da PTF em nível, defasada em um período. Uma elevação de 1% na PTF do ano  $t-1$  provocará o aumento de 0,82% e 0,64% na PTF do ano  $t$  subsequente da Amazônia Legal e da região Norte, respectivamente, mantido tudo o mais constante. A elevada intensidade dessa relação é condizente com os resultados alcançados por Ascari e Cosmo (2004), quando da identificação dos determinantes da PTF nas regiões italianas. Esse resultado mostra a importância do progresso tecnológico no crescimento da região amazônica.

Em relação à Amazônia Legal, observa-se que a variável educação é a principal determinante da PTF, com significância estatística de 5%. Neste caso, o aumento de 1% na média dos anos de estudo implica em uma elevação de 0,54% na PTF. O índice quantitativo sintético representativo da infra-estrutura é relacionado positivamente com a PTF, de forma significativa. Esses resultados estão em conformidade com os apresentados nos trabalhos sobre a teoria do crescimento empírico. As demais variáveis do modelo não são significativas.

Para a região Norte observa-se relação negativa entre a variável educação e a PTF, diferente do observado para a Amazônia Legal. Neste caso, uma elevação de 1,0% na média dos anos de estudo leva a uma queda da PTF em 1,58%, mantido tudo o mais constante. A relação dos instrumentos de política de desenvolvimento regional, via concessão de subsídios e créditos ao capital, com a PTF é negativa e significativa para o FINAM, e positiva para o FNO, resultados

condizentes com os trabalhos que avaliam a eficiência econômica dessas políticas de governo.

## **6.6. Síntese das estimativas segundo os métodos utilizados**

Os resultados apresentados na Tabela 22 apontaram que o modelo de efeitos fixos para dados de painel é o mais indicado para estimar os parâmetros, isolando-se o efeito específico de cada um dos estados da região amazônica. O método de estimação, utilizado para tal, foi o dentro de grupo, cujas elasticidades em relação à educação e cooperativas são as únicas significativas para os dados da Amazônia Legal e região Norte. O modelo dentro de grupo pressupõe que os erros são i.i.d, além de não correlacionados entre as seções cruzadas.

Assumindo-se que uma parte dos regressores possa estar relacionada com o termo de erro, ou que informações importantes foram omitidas na especificação da equação (16), ou ainda que se possa ter a presença de erros de mensuração nas variáveis, os parâmetros foram estimados por meio de métodos que utilizam variáveis instrumentais para incorporar informações adicionais, que contribuem para a obtenção de estimadores mais robustos.

A escolha da técnica de MMG deve-se ao potencial endógeno do modelo. Nessa técnica de estimação, os choques ocorridos na economia da Amazônia foram incorporados ao processo gerador das estimativas, a partir da defasagem das variáveis independentes e da variável dependente. Os resultados mostram que os estimadores encontrados para as variáveis desmatamento, educação, cooperativas e o índice sintético de infra-estrutura são todos correlacionados positivamente com a PTF, de maneira estatisticamente significativa, a 5% e 10%. As variáveis independentes em nível, Infra e FINAM, defasadas em até seis períodos, e PTF e FNO, defasadas em dois períodos, foram usadas como instrumentos, de forma a captar as externalidades proporcionadas pelo aumento do capital físico, construção e pavimentação de estradas e vicinais, ampliação do número de terminais telefônicos e de computadores, ampliação do

nível de escolaridade, formação de novas cooperativas e associações e pela adoção de sistemas agroflorestais na Amazônia.

O ganho estatístico, a partir do uso do MQGF, é decorrente da suposição de correlação contemporânea entre os estados da região amazônica e por assumir-se que os erros não são i.i.d. e a condição de exogeneidade, estrita. Dessa maneira, a técnica do MQGF visa à correção da variância entre as seções cruzadas e os problemas de heteroscedasticidade. Ou seja, um choque que ocorre na economia de um estado pode se propagar pelos outros estados, causando situações diversas, de maneira que não se pode afirmar que as variâncias são constantes. Daí o fato de o modelo estimar a matriz de variância e covariância dos erros de forma diferente daquela realizada na técnica do MMG.

Investigações empíricas, a partir da década de 90, têm-se empenhado para estimar os parâmetros das regressões de crescimento, usando dados em painel dinâmico, assumindo-se que os efeitos específicos (efeitos fixos) de cada estado serão isolados na função auto-regressiva, encontrando-se a primeira diferença ou pela construção de sistemas de equações em níveis e em primeira diferença. A vantagem desses modelos reside no fato de os estimadores serem gerados em estruturas de equações simultâneas alcançando maior robustez. A lógica básica dos modelos é o uso de variáveis instrumentais em nível e em primeira diferença, tomadas em determinado nível de defasagem. No caso do MMG Sistema, os instrumentos das equações em nível são as defasagens das primeiras diferenças, enquanto que os instrumentos das equações em diferença são variáveis em nível defasadas. Esse procedimento possibilita incorporar ao modelo um maior número de informações sobre as variáveis dependentes em nível, diferenciadas e, ou defasadas, assim como para a variável dependente.

A Tabela 26 apresenta os resultados dos estimadores MMG Diferença e MMG Sistema. Os baixos valores estimados para os parâmetros da equação (16) pelo método em diferenças devem-se ao fato de os instrumentos utilizados na geração das estimativas serem fracos, o que leva a obtenção de estimativas menos robustas.

No modelo em Sistema os estimadores são mais robustos e significativos, em nível de 5,0% e 10%. O valor estimado para o coeficiente da PTF<sub>1</sub> é expressivo para a Amazônia Legal e para a região Norte, indicando que a PTF do ano corrente (t) é bastante influenciada pela PTF do ano anterior (t-1).

O nível educacional na Amazônia Legal está positivamente relacionado com a PTF, mostrando que um aumento de 1,0% nos anos médios de estudo induz ao aumento da PTF em 0,54%, valor relativamente elevado se comparado a outros modelos. Ainda na Amazônia Legal, destaca-se a relação positiva entre o índice sintético de infra-estrutura e a PTF (0,037). Relativamente à região Norte, merece destaque a elevada relação negativa e significativa da escolaridade com a PTF, e a relação positiva e significativa do FNO com a PTF, enquanto que a relação entre FINAM e PTF é negativa e significativa. A relação entre o desmatamento e a PTF é positiva, tanto na Amazônia Legal, quanto na região Norte. No entanto, não apresentam significância estatística a 5% de probabilidade.

Diante das pressuposições estabelecidas para geração dos estimadores do modelo da equação (16) podem-se agrupar os resultados em dois grupos, que se excluem mutuamente pela condição de exogeneidade estrita. Um grupo em que os regressores do modelo estão relacionados com o termo de erro – exogeneidade não estrita –, problema que pode ser solucionado pelo uso de variáveis instrumentais, de forma a incorporar informações complementares ao processo de geração das estimativas. Enquanto o outro grupo assume a exogeneidade estrita e estima os coeficientes a partir de modelo de mínimos quadrados generalizados.

Os resultados apresentados neste trabalho pela técnica de MMG são mais robustos e condizentes com os resultados empíricos apresentados na literatura do crescimento econômico, que utiliza dados de painel, do que condizentes com os obtidos pelas outras duas técnicas de estimação. A opção pelas técnicas de MMG deve-se também ao intensivo uso desse método no caso em que variáveis são omitidas, e porque os modelos apresentam forte potencial endógeno, fato

presente neste modelo de identificação dos determinantes da PTF na Amazônia Legal.

### 6.7. A hipótese ambiental de Kuznets aplicada aos dados da Amazônia

A introdução e expansão da cultura da soja, a ampliação das áreas de pastagem, além da modernização do beneficiamento das diversas etapas da cadeia produtiva de setores como o da madeira e do gado – que passaram a ter maiores ganhos de escala com a incorporação de equipamentos com qualidade e escala técnica superior, fruto do investimento de grandes empresas nacionais e internacionais que atuam, principalmente, no setor mineral e madeireiro (SANTANA, 2002a; GOMES, 2003) –, levam a inquirir se há evidências de que o progresso tecnológico das atividades econômicas desenvolvidas na região induz ao desmatamento.

Os resultados da regressão para cada um dos indicadores utilizados encontram-se resumidos na Tabela 27. Como todas as variáveis estão na base logarítmica, o resultado pode ser interpretado como uma elasticidade da taxa de desmatamento em relação a cada um dos regressores, menos no caso da *dummy*.

Os resultados da equação (20) mostram que as estimativas apresentam os sinais esperados e são condizentes com a relação proposta por Grossman e Kruguer (1995).

A elasticidade<sup>12</sup> da taxa de desmatamento em relação à renda *per capita* foi calculada levando-se em consideração três níveis de renda: baixa (R\$1.500,00), média (R\$3.000,00) e alta (R\$6.000,00). Os valores obtidos para as elasticidades nos níveis de renda estabelecidos foram: 3,91 para baixa; -1,10 para a média e -0,61 para a alta. O resultado indica que, para níveis de renda elevada, encontram-se evidências de redução no nível de desmatamento na Amazônia Legal.

---

<sup>12</sup> Elasticidade obtida por  $\varepsilon = \beta_1 + 2\beta_2 Lrpc + 3\beta_3 Lrpc^2$ .

Tabela 27 – Resultado da regressão para estimação dos coeficientes da equação (20), Amazônia Legal, 1990-2004

Variável independente	Coeficientes estimados
	8
Intercepto	-0,295 (0,693)
Lrpc	8,548*** (2,779)
Lrpc2	-6,620*** (2,119)
Lrpc3	1,486*** (0,499)
Lrpc_1	4,013 (2,512)
Lrpc2_1	-3,157* (1,856)
Lrpc3_1	0,928** (0,431)
Ano	-0,049*** (0,012)
D1	1,509*** (0,066)
Ddem	1,35*** (0,107)
Wald $\chi^2(9)$	1908,11
N.º de observações	126

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: \*\*\* Significativo a 1%. \*\* Significativo a 5%. \* Significativo a 10%. O valor entre parênteses refere-se ao erro padrão.

O valor elevado da elasticidade para o nível de renda baixo sinaliza o uso intensivo de novas áreas de floresta, primária ou secundária, utilizadas, em grande medida, para a produção de culturas de subsistência ou como consequência da extração de espécies de madeira, em muitos casos, realizada de maneira ilegal, cujo objetivo é o de atender a demanda de empresas do setor madeireiro da região. Nesses casos, a pressão sobre a floresta é intensa e mostra

que o uso do recurso natural é feito de forma danosa ao meio ambiente. Existe pouco incentivo para reverter esse comportamento, o que compromete a alocação dos recursos e reduz os benefícios privados e sociais na região.

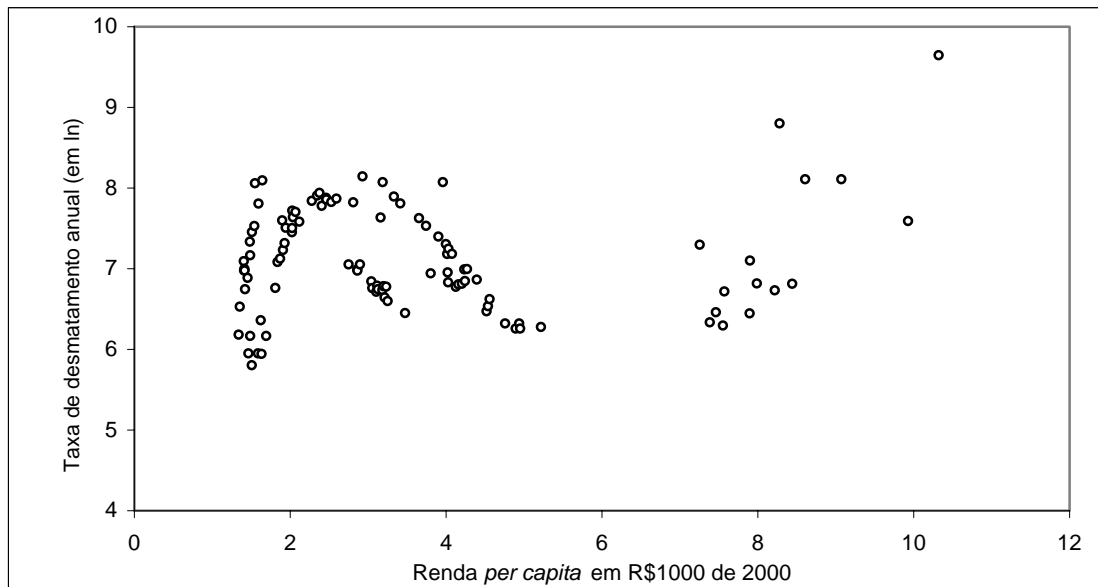
A renda defasada em dois ou três anos também apresenta a mesma configuração de sinais da renda em nível, mas com menor intensidade das inclinações. Ressalta-se que, níveis elevados de renda são restritos a uma parcela pequena da população, e por isso são esperados ajustes com pouca significância para intervalos de renda superiores a R\$6.000,00.

O coeficiente da variável *Dummy* indica que nos estados da área do “Arco do Desmatamento” tem-se taxa maior que a dos outros estados. No entanto, o sinal da variável ano aponta que, no decorrer do tempo, a taxa de desmatamento tende a decrescer. A elevação da densidade demográfica na região contribuiu com a elevação do desmatamento, sendo que um aumento de 1% na densidade provoca o crescimento do desmatamento em 1,35%, mantido tudo o mais constante.

Fonseca e Ribeiro (2005) aplicaram a hipótese, no Brasil, de Kuznets, para avaliar a relação entre o crescimento econômico e a qualidade do meio ambiente, usando, como variável *proxy* para o indicador de poluição ambiental, o percentual de áreas estaduais preservadas, de forma a testar a relação entre o crescimento econômico e a preservação ambiental. No conjunto de variáveis exógenas foram usadas a renda *per capita*, escolaridade média, participação obtida pela parcela de votos brancos e nulos, e, por fim, usou-se o Índice de Gini. As estimativas mostraram ser significantes, em polinômios, a renda *per capita* e a escolaridade, porém, o capital social e Índice de Gini não afetaram significativamente a variável. Os coeficientes foram os esperados, indicando a adequação dos dados ao modelo de Kuznets.

A Figura 18 sugere que a taxa de desmatamento é crescente para níveis de renda *per capita* menores, chegando ao pico com um valor de R\$2.020,00, para, em seguida, declinar com a elevação dos salários. O hiato de salários se deve ao fato de poucos estados apresentarem renda acima de R\$6.000,00, porém, a tendência é de crescimento do desmatamento quando a renda é bastante

elevada. Dessa maneira observa-se que, para o intervalo de renda abaixo de R\$6.000,00 há evidência estatística significativa para a aceitação da hipótese ambiental de Kuznets.



Nota: Não inclui as taxas de desmatamento dos Estados do Amapá e Roraima

Fonte: Elaboração do autor, a partir dos dados do INPE.

Figura 18 – Relação entre taxa de desmatamento anual e renda *per capita*, evidências da hipótese ambiental de Kuznets, Amazônia Legal, 1990-2004.

É preciso ter cautela em relação às evidências encontradas, pois não basta a renda *per capita* crescer para que haja a redução do desmatamento. A reflexão sobre a lógica da relação entre desmatamento e crescimento econômico não pode ser tomada como verdade absoluta e a pergunta resultante é: Quanto, e por quanto tempo deve-se desmatar para alcançar a renda que maximiza a função? Após alcançar o máximo, quanto restará de floresta a ser desmatada?

Várias ações podem ser tomadas como forma de mitigar o efeito das externalidades provocadas pelo desmatamento, entre elas o aperfeiçoamento das medidas de regulação e fiscalização propostas pelo poder público; proposição de

políticas públicas voltadas para a conscientização do uso sustentável dos recursos naturais, de forma a extrair os recursos da floresta com o mínimo de impacto sobre os ecossistemas da região; o aprofundamento de pesquisas científicas sobre o potencial de uso da biodiversidade da Amazônia; a utilização de novos processos tecnológicos limpos (com baixo impacto sobre o meio ambiente), que maximizem o aproveitamento dos recursos naturais reduzindo os custos sociais das atividades produtivas, e que ampliem o benefício social, de maneira a melhorar o bem-estar das famílias na região.

## 7. CONCLUSÕES

O comportamento ascendente da PTF na região segue a trajetória observada para a PTF do Brasil, estando em consonância com os resultados obtidos por outros autores brasileiros. As mudanças de inclinação, no período observado, refletem as medidas econômicas adotadas pelo Governo Federal, de acordo com as estratégias utilizadas para conter a elevada oscilação dos preços e as políticas fiscais e cambiais, além da política de privatizações.

O incremento da atividade de exploração e transformação mineral contribuiu, significativamente, para a manutenção da tendência de crescimento da PTF na região, assim como as obras de infra-estrutura em rodovias, ferrovias e portos que faziam parte do PPA 1996-1999 e do PPA 2000-2003. Além da atividade mineral, a ampliação das exportações do setor agropecuário desempenhou papel fundamental na obtenção desse resultado, com destaque para produtos como a soja, o algodão e a carne bovina.

É importante observar que a elevação do volume produzido, resulta da conjugação de investimentos públicos e privados; das condições nacionais e, principalmente, internacionais, como o aumento da demanda de produtos dos setores mineral e agropecuário. Ademais, mudanças e adequações políticas contribuíram sobremaneira para que os produtos se tornassem mais competitivos no mercado internacional, com destaque para as políticas cambial, fiscal e

monetária, além da regulação ambiental, do direito à propriedade e dos programas sociais que elevaram o consumo interno de produtos agrícolas e dos bens de necessidade imediata.

A perspectiva futura é a de que os preços internacionais dos minérios e dos produtos agrícolas exportados continuem a crescer e a estimular os investimentos em pesquisa e infra-estrutura, de forma a viabilizar a integração dos diferentes modos de escoamento da produção, realizada nas regiões Centro-Oeste e Norte, de acordo com os eixos de integração nacional, de forma a possibilitar a saída dos produtos pelo oceano Pacífico, pelo Caribe e pelo oceano Atlântico. Essa hipótese elevaria as possibilidades de ampliação de mercado para os produtos da região amazônica.

Diante da perspectiva na qual os condicionantes macroeconômicos mostram-se favoráveis, é esperado que haja o aumento da participação do setor privado no total de investimentos a serem realizados na região. O efeito multiplicador dessas ações eleva, de forma contínua, a acumulação de capital fixo, com ganhos tecnológicos que podem ser absorvidos na região, desde que sejam realizados investimentos públicos na formação educacional básica, superior e técnica. É válido salientar que a taxa média de crescimento da PTF tem contribuído para o crescimento do produto, diferentemente da taxa de crescimento do fator capital. A taxa de crescimento médio anual do produto foi de 3,53% a.a., enquanto a taxa de formação de capital ficou em 0,4% a.a.; as taxas médias de crescimento do fator trabalho e da PTF foram de 3,88% e 2,75% a.a., respectivamente.

O baixo crescimento da taxa de acumulação do capital se deve, em grande medida, à redução de crédito para o setor produtivo, apesar de a taxa de retorno do capital físico ser elevada para a região. A implementação das reformas estruturais, realizadas na segunda metade da década de 1990, também foram importantes para a insignificante participação do capital na formação do produto da região amazônica.

Cabe destaque à implementação da política ambiental mais austera, que estabeleceu regras bastante restritivas relativas ao uso dos recursos naturais,

pautada nos princípios de comando e controle e do poluidor-pagador, ou seja, os empreendimentos em atividades produtivas que utilizam intensamente os recursos naturais como insumo básico, incorporaram esses fatores em suas funções de custos. Algumas empresas aproveitaram essas exigências de forma a apresentar seus produtos como sendo ambientalmente corretos e obtiveram a certificação deles (Selo Verde), o que pode ter contribuído para minimizar os efeitos nocivos sobre os ecossistemas e garantir preços diferenciados no mercado internacional. Destaca-se, entre as diferentes ações desenvolvidas pelas empresas para receber a certificação, o uso de novas tecnologias, o que contribuiu para a ampliação da PTF.

No entanto, a falta de uma política fitossanitária capaz de garantir a erradicação de doenças infecciosas no rebanho bovino de alguns estados da região, assim como o registro da ocorrência de trabalho escravo, a grilagem de terras, o baixo número de famílias sem terra assentadas e a falta de uma ordenação das áreas devolutas têm provocado a reação de países, empresas e entidades não governamentais internacionais, resultando no embargo e, ou redução do consumo de produtos oriundos da região amazônica. Essa situação contribuiu para dificultar o acesso de produtos da região amazônica nesses mercados e, por conseguinte, comprometeu o processo de solidificação das cadeias produtivas de produtos vegetal e animal, refletindo negativamente sobre a PTF.

Ademais, os resultados mostram que a prática de concessão de benefícios creditícios aos setores econômicos, nos moldes em que foram realizados, tem modesto impacto sobre o crescimento da região e, em alguns casos, a relação entre a PTF e os subsídios ao capital é negativa, como foi observado para os recursos do FINAM. Dessa forma, torna-se necessária a criação de mecanismos de controle mais sofisticados para avaliar a eficácia das políticas, bem como a elaboração e implementação de controles legais que possam garantir que a economia da região se retroalimente com parte do excedente gerado internamente pelas atividades produtivas, o que pode ser concretizado a partir dos processos de

concessão de benefícios creditícios aos empreendedores da região, via nova SUDAM, via BASA e via SUFRAMA.

Em se concretizando as ações estabelecidas pelo planejamento regional, espera-se que a resultante desse conjunto de ações, realizadas de forma sistêmica, induzam ao crescente aumento da Produtividade Total dos Fatores na Amazônia Legal, a longo prazo.

A trajetória das taxas de crescimento do produto da Amazônia Legal mostra que a economia da região teve uma fase de crescimento acelerado até meados de 1980, quando passou a conviver com taxas de crescimento cada vez menores. Para sair dessa fase inicial, de crescimento não-sustentado, para a fase de crescimento sustentado, é preciso percorrer um longo percurso que inclui a realização de elevados investimentos no sistema educacional público, como forma de ampliar o nível de cobertura e a qualidade do ensino fundamental, médio e superior, de modo a elevar o nível do capital humano da região, necessário para a adoção de novas tecnologias e, por conseguinte, manter o crescimento da PTF. Essas medidas ajudam a garantir que o retorno dos investimentos privados na região não decline.

A taxa de crescimento geométrico anual da PTF, no período em análise, para Amazônia Legal, foi de 2,05% a.a.. Os Estados do Amazonas, Roraima, Tocantins e Acre foram os que registraram as maiores taxas de crescimento da PTF, resultante, em parte, dos avanços tecnológicos ocorridos nas indústrias do setor de eletroeletrônica, mecânica e de transporte de duas rodas, localizadas no PIM, e resultante também dos investimentos realizados pelo Governo Federal em programas de saneamento básico, habitação e urbanização de cidades. A construção de rodovias, portos, e a ampliação da malha ferroviária, exclusivamente nos Estados do Mato Grosso e Tocantins, possibilitaram a manutenção dessa taxa média anual de crescimento. Os investimentos realizados no setor agroindustrial no Estado de Roraima foram conjuntamente responsáveis pelo constante crescimento.

Em síntese, a trajetória crescente da PTF na Amazônia Legal, para o período de 1990 a 2004, resulta das condições macroeconômicas impostas pela

conjuntura econômica nacional, a qual viabilizou o aumento da demanda interna de bens de consumo imediato e de bens duráveis, a partir do programa de estabilização de preços.

O reflexo dessas medidas foi visto na expansão de áreas agrícolas e no aumento da produtividade de culturas como a soja, o algodão, o milho e o aumento do rebanho bovino nacional, como forma de atender a demanda interna e gerar excedentes comercializados no mercado internacional.

O aumento dos preços internacionais dos produtos agrícolas contribuiu para a expansão da área agrícola do país, que se ampliou, em grande medida, com a elevação do total de áreas alocadas à produção de soja e formação de pasto para a criação de gado bovino nos Estados do Mato Grosso, Tocantins, Rondônia, Pará, Acre e Amazonas. Nesses estados, se instalaram grandes empresas multinacionais que produzem grãos, realizam o beneficiamento de algumas etapas de sua cadeia produtiva, e que implementaram sofisticado sistema de logística de transporte capaz de baratear e manter um fluxo contínuo de exportação a partir de portos próprios para países como China, Índia, Rússia, Europa e Estados Unidos. Medidas como essas colaboram para manter o crescimento sustentado da região e a elevação contínua da PTF.

O comportamento diferenciado da PTF entre os estados é o reflexo do estágio econômico em que cada um se encontra e decorre, em grande medida, da ausência de planejamento regional e da falta de interação entre as ações econômicas e sociais dos governos estadual e federal.

Entre os possíveis determinantes da PTF da Amazônia Legal, o fator representativo do capital humano, anos médios de estudo das pessoas com 25 anos ou mais de idade, foi o que apresentou a maior elasticidade, variando entre 4,07% e 5,70%. Isso evidencia a importância do capital humano como fator capaz de proporcionar efeitos positivos sobre a PTF da região. Nesse contexto, é válido frisar que, para consolidar o crescimento virtuoso, é necessário que haja mão-de-obra qualificada, capaz de absorver novas tecnologias e desenvolver as diversas etapas do crescimento tecnológico, desde a imitação até à inovação. No entanto, os ganhos oriundos da relação direta entre a produtividade e o capital

humano podem ser mais elevados, caso haja aumento dos gastos dos governos no ensino médio, superior e nos programas de pós-graduação e de C&T existentes na região, como forma de reduzir as distorções entre ensino e a pesquisa desenvolvida na região amazônica e no sudeste brasileiro.

A baixa qualificação educacional da mão-de-obra na região amazônica é um fator limitador para o seu desenvolvimento, pois impõe custos adicionais às empresas interessadas em investir na região, caso o empreendimento incorpore o uso de tecnologias avançadas que requeiram maior nível de educação dos empregados. O Estado do Amazonas foi o que apresentou a maior taxa média de crescimento da PTF, o que pode ser explicado, em grande medida, pelo elevado nível tecnológico de suas atividades produtivas, desenvolvidas no Pólo Industrial de Manaus, local onde se concentra mão-de-obra qualificada para atender as demandas das empresas. Ao mesmo tempo, a elevação do estoque de capital fixo funciona como o canal transmissor de aprendizagem e aperfeiçoamento dentro do complexo industrial, de maneira a garantir a ampliação do capital humano.

Diante do quadro regional relacionado ao capital humano, é preciso que se eleve o número de pessoas com nível de educação superior e se reduza o de analfabetos na região amazônica, para que seja possível sustentar as elevadas taxas de retorno do capital físico, uma vez que os avanços tecnológicos associados ao acúmulo de capital físico podem não ser absorvidos pela mão-de-obra da região.

O efeito causado pelas ações cooperadas sobre a PTF da Amazônia Legal é positivo, porém com valor reduzido, o que sugere a necessidade de aprofundar os estudos sobre as redes de informações entre os agentes econômicos da região. Este procedimento deve ser realizado a partir de pesquisas no nível das empresas e dos moradores das comunidades. Tais estudos são importantes, pois ajudarão a compreender-se mais detalhadamente os mecanismos de interação entre os agentes econômicos, o sistema de governança e a definição das políticas sociais como forma de transformar a realidade econômica local das comunidades amazônicas.

As evidências da importância do capital social para o crescimento econômico da Amazônia Legal sinalizam para a necessidade de ampliação das políticas públicas que incentivem o fortalecimento das micro, pequenas e médias empresas, o que, em parte, vem sendo feito pelo Governo Federal, a partir dos estudos econômicos que identificaram os principais *Clusters* na região e o mapeamento das cadeias produtivas dos principais produtos vegetal e animal.

Estas ações resultaram na reorientação dos benefícios creditícios disponibilizados pelos órgãos financiadores da política regional, com foco sobre os projetos voltados para a formação dos Arranjos Produtivos Locais (APL), onde o nível de sinergia entre os agentes econômicos contribui para a eficiência das atividades produtivas, possibilitando o ingresso dos produtos da região em mercados internacionais competitivos.

Em relação à variável capital físico, representada pelo índice sintético de infra-estrutura, há evidência da sua relação positiva com a PTF, o que mostra a importância de dotar a região de infra-estrutura de estradas, portos, ferrovias, hidrovias, geração de energia, telecomunicações, hospitais, postos de saúde, saneamento básico e escolas, de modo a ampliar as vias de escoamento da produção, garantir o acesso aos equipamentos básicos de saúde pública na região e possibilitar a inserção dos agentes econômicos no contexto econômico globalizado.

A expansão da infra-estrutura, em geral, contribuiu para a ampliação da formação de capital fixo e, por conseguinte, para o crescimento econômico da região. Conseqüentemente, a ampliação do capital físico na Amazônia é importante para garantir que o capital humano se mantenha em condições de atender as necessidades do sistema produtivo da região.

As empresas estabelecidas na região amazônica ampliaram suas possibilidades de participação no mercado internacional, a partir do acesso à internet e aos sistemas de telecomunicação via fax, o que resulta da expansão do capital físico e contribui para o progresso tecnológico da região.

O resultado da pesquisa mostra que é preciso aumentar o número de domicílios que possuem microcomputadores, uma vez que pouco mais de 10%

deles, localizados em regiões urbanas dos estados possui esse tipo de equipamento. Tal situação pode ser resolvida a partir de uma política de aquisição de computadores populares. Outro ponto importante é implementar uma política de inclusão digital que possibilite elevar o acesso da população à internet. Pesquisas apontam que o retorno econômico desses investimentos mais que justificam a sua implementação.

Em relação às políticas de incentivo fiscal para a Amazônia, é preciso que elas sejam orientadas para os investimentos que possibilitem a ampliação do capital físico, a melhoria da qualificação do capital humano, bem como a sua absorção, possibilitem o uso racional dos recursos naturais renováveis e não renováveis, e promovam as redes de relacionamentos, imprescindíveis ao crescimento virtuoso.

Vale ressaltar que, a partir da implantação do PPA de 1996, os governos estaduais e federal vêm desenvolvendo programas que possibilitaram os estudos sobre as cadeias produtivas da Amazônia Legal e sobre a identificação de aglomerados produtivos (*clusters*), assim como os possíveis Arranjos Produtivos Locais.

A relação capital natural, representada pela taxa de desmatamento, com a PTF é positiva, mostrando que aumentos na taxa de desmatamento induzem ao aumento da Produtividade dos fatores na Amazônia Legal. Nesse caso, há evidências de que a abundância do capital natural da região é importante para o seu crescimento econômico.

A relação entre a taxa de desmatamento e a PTF é positiva quando se assume a importância das observações passadas dos regressores como instrumentos para explicar o comportamento presente. Ou seja, o princípio assumido é o de que várias cadeias produtivas passam a ser contempladas de forma seqüenciada, a partir do desflorestamento, com destaque para as cadeias produtivas de madeira (madeira serrada, laminados, compensado, móveis e artefatos), do gado (beneficiamento do couro, carnes resfriadas e congeladas, embutidos, rações e produtos lácteos) e de culturas permanentes (soja, milho, algodão, dendê, babaçu e cana-de-açúcar) que fornecem matéria-prima para

produção de óleos, rações, margarinas, biocombustíveis. A cadeia produtiva das frutas tropicais e dos fornecedores de insumos intermediários têm papel importante na região.

A pesquisa mostra que a taxa de crescimento do capital foi baixa para o período em análise, no entanto, atividades produtivas ligadas ao setor de mineração e beneficiamento de madeira realizaram investimentos na abertura de minas, edificações de plantas industriais, construção de estradas, ferrovias, aquisição de máquinas e equipamentos modernos, de modo a terem ganhos de escala e expansão tecnológica, o que contribuiu para a trajetória crescente da PTF.

Como o capital natural é abundante na região e as empresas não conseguem incorporar em suas planilhas de custo os danos causados pelo uso dos recursos naturais, os retornos proporcionados pelo capital físico passam a ser preponderantes. Daí a importância do aperfeiçoamento da política ambiental como forma de estabelecer o valor social do bem natural, de modo a modificar a alocação de recursos, formulada pelas empresas, que utilizam os recursos naturais renováveis e não-renováveis em seus processos de produção.

A relação entre renda *per capita* e taxa de desmatamento, ajustada com base em um modelo não-linear, mostra evidências significativas para aceitação da hipótese ambiental de Kuznets para a região amazônica, quando os estados de Roraima e Amapá são excluídos da base de dados. A elasticidade da taxa de desmatamento em relação à renda *per capita* calculada para níveis de renda: baixa (R\$1.500,00), média (R\$3.000,00) e alta (R\$6.000,00), foi de 3,91, -1,10 e -0,61, respectivamente.

O valor elevado da elasticidade para o nível de renda baixo sinaliza o uso intensivo de novas áreas de floresta, primária ou secundária, utilizadas, em grande medida, para a produção de culturas de subsistência ou para a extração de madeira, em muitos casos, realizada de maneira ilegal, cujo objetivo é o de atender à demanda de empresas do setor madeireiro da região.

Nesses casos, a pressão sobre a floresta é intensa e mostra que o uso do recurso natural é feito de forma não-sustentável ambientalmente, de forma que

existe pouco incentivo para reverter esse comportamento danoso que compromete a alocação dos recursos naturais e que reduz os benefícios privados e sociais na região.

Os dados mostram que, nos estados da área do “Arco do Desmatamento”, onde o desmatamento é maior do que o ocorrido em outros estados, a taxa de desmatamento tende a decrescer, no decorrer do tempo, e que a elevação da densidade demográfica na região contribuiu para o aumento dessas taxas. Os resultados da pesquisa sugerem, ainda, que a taxa de desmatamento é crescente para níveis de renda *per capita* menores que R\$ 2.020,00 (pico da curva), para, em seguida, declinar com a elevação dos salários.

Por fim, deve-se ressaltar que a contribuição inovativa deste trabalho se dá, em termos metodológicos, a partir da aplicação do modelo de dados em painel e da instrumentalização apresentada para a realização de teste de raiz unitária e de especificação do modelo econométrico. Sua principal limitação está na ausência de informações estaduais, relativas aos fatores representativos do capital social, do meio ambiente e de informações detalhadas sobre as aplicações dos fundos de investimento.

Como sugestão para realização de investigações futuras, cabe aprofundar os estudos sobre a qualidade do capital humano na região amazônica e a sua distribuição espacial. Cabe, ainda, identificar quais dimensões do capital social estão presentes na região, em que nível elas se encontram e como se acham estruturadas dentro de cada nível, bem como a sua contribuição para o crescimento econômico. Outro fator que estimula o aprofundamento dos estudos está relacionado aos níveis de poluição dos rios e lagos da Amazônia, em áreas de intensa atividade extrativa mineral e naquelas áreas onde ocorre o beneficiamento desses minérios.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA – ADA. **I Jornada de Seminários**: Participativos para Indicação de Referências Locais Prioritárias ao Planejamento do Desenvolvimento Regional da Amazônia – Spiral I: Arranjos Produtivos Locais. Belém, 2004.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA – ADA. **Plano de desenvolvimento sustentável da Amazônia Legal**: estudos diagnósticos setoriais – produção mineral industrial e metalúrgica. Belém, 2006.

AGHION, P.; HOWITT, P. **Endogenous growth theory**. London: MIT Press, 1998.

ALVES, D.S. O processo de desmatamento na Amazônia. **Revista Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 12, 2001.

ARELLANO, M.; BOND, S. Some tests of specification in panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. **Review of Economic Studies**, n. 58, p. 277-297, 1991.

ARELLANO, M.; BOND, S. Another look at the instrumental variables estimation of error components models. **Journal of Econometrics**, v. 68, p. 29-52, 1995.

ASCARI, G.; COSMO, V. **Determinants of total factor productivity in the italian regions**. Dipartimento di Economia Politica e Metodi Quantitative. Università Degli Studi di Pavia. December, 2004. Disponível em: <<http://129.3.20.41/eps/mac/papers/0511/0511009.pdf>>. Acesso em: 8 jul. 2007.

ASCHAUER, D.A. Is public expenditure productive? **Journal Monetary Economics**, v. 23, p. 177-200, 1989.

BALTAGI, B.H. **Econometric analysis of panel data**. John & Sons, 2001.

BANCO DA AMAZÔNIA – BASA. **FNO**: relatório das atividades desenvolvidas e dos resultados obtidos. Belém, 2004.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. **Desembolsos anuais do sistema BNDES**. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 26 jul. 2007.

BARQUEIRO, A.V. **Desenvolvimento endógeno em tempos de globalização**. Porto Alegre: FEE, 2001. 280 p.

BARRETO, F.; MARINHO, E.; SOUZA, S. Impacto das políticas públicas sobre a produtividade da indústria de transformação do Nordeste. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 34, n. 4, out./dez. 2003.

BARRO, R.J. Economic growth in a cross-section of countries. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 106, n. 2, p. 407-443, 1991.

BARRO, R.J.; SALA-i-MARTIN, X. **Economic growth**. 2.ed. London: MIT Press, 2004.

BAUM, C.F. **An introduction to modern econometrics using Stata**. Texas: StataCorp LP/College Station, 2006.

BAUM, C.F.; SCHAFFER, M.E.; STILLMAN, S. **Instrumental variables and GMM: estimation and testing**. Boston College, Department of Economics, 2003. (Working Paper, 545).

BEASON, R.; WEINSTEIN, D.E. Growth, economies of scale, and targeting in Japan (1955-1990). **The Review of Economics and Statistics**, v. 78, p. 286-95, 1996.

BECKER, B.K. **Amazônia: geopolítica na virada do III milênio**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

BECKER, G.S.; MURPHY, K.M.; TAMURA, R.F. **Human capital, fertility, and economic growth**. Cambridge National Bureau of Economic Research, 1990. (Working Paper, 3414).

BENHABIB, J.; SPIEGEL, M.M. The role of human capital in economic development: evidence from aggregate cross-country data. **Journal of Monetary Economics**, v. 34, p. 143-173, 1994.

BERGSTROM, F. Capital subsidies and performance. **Small Business Economics**, v. 14, p. 183-193, 2000.

BLOGEOLOGIA. Disponível em: <<http://blogeologia.blogspot.com>>. Acesso em: 6 jul. 2007.

BLUNDELL, R.; BOND, S. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. **Journal of Econometrics**, v. 87, p. 115-143, 1998.

BOND, S.; HOEFFLER, A.; TEMPLE, J. **GMM estimation of empirical growth models**. University Oxford, 2001. (Discussion Paper, 525).

BRASIL. Ministério da Integração. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Amazônia Sustentável – PAS**. Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Disponível em: <<http://www.planejamento.gov.br>>. Acesso em: 18 jun. 2007a.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Relação anual de informações sociais (RAIS)**. Disponível em: <<https://sgt.caged.gov.br>>. Acesso em: 5 mar. 2007b.

BREUSCH, T.S.; PAGAN, A.R. The lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. **Review of Economic Studies**, n. 47, v. 1, p. 239-253, 1980.

CALDERON, C.; SERVÉN, L. The output cost of Latin America's infrastructure gap. In: EASTERLY, W.; SERVÉN, L. (Ed.). **The limits of stabilization: infrastructure, public deficits, and growth in Latin America**, Stanford University Press and the World Bank, 2003.

CALDERON, C.; SERVÉN, L.. **The effects of infrastructure development on growth and income distribution**. World Bank, 2004. (Policy Research Working Paper, 3400).

CARVALHO, D.F. **Competitividade sistêmica das micros e pequenas empresas dos clusters agroindustriais do café, guaraná e pupunha**. Belém: Unama, 2005.

CARVALHO, D.F. A indústria mineral não-metálica e seus índices de encadeamento produtivo na economia da região Norte: uma abordagem a partir das matrizes de insumo-produto e de contabilidade social dos anos de 1985 e 1999. **Amazônia, Ciência e Desenvolvimento**, n. 2, p. 129-146, jan./jun. 2006.

CARVALHO, D.F.; SANTANA, A.C. **Organização e competitividade da indústria de móveis do Pará: 1990-2001**. Belém: Unama, 2005.

CASTRO, E. Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia: Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA). **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v. 8, n. 2, p. 5-39, dez. 2005.

CATTANEO, A. **Balancing agricultural development and deforestation in the Brazilian Amazon**. Washington: International Food Policy Research Institute (IPRFI), 2002. (Relatório de Pesquisa, 129).

CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL – ELETRONORTE. Disponível em: <<http://www.eln.gov.br/>>. Acesso em: 6 ago. 2007.

CLEMENT, C.R.; VAL, A.L.; OLIVEIRA, J.A. O desafio do desenvolvimento sustentável na Amazônia. **T&C Amazônia Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica – FUCAPI**, Manaus, v. 1, n. 3, p. 21-32, 2003.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO – CNPq. Disponível em: <<http://www.cnpq.br/>>. Acesso em: 28 jul. 2007.

COSTA, F.A. **Ecologismo e questão agrária na Amazônia**. Belém: NAEA/UFPA, 1992. (Estudos SEPEQ, 1).

COSTA, F.A. **Ciência, tecnologia e sociedade na Amazônia: questões para o desenvolvimento sustentável**. Belém: Cejup, 1998.

COSTA, F.A. Financiamento dos investimentos regionais do Fundo Constitucional do Norte (FNO) e seus impactos financeiros e socioeconômicos na indústria da região Norte. In: SANTANA, A.C. (Coord.). **O fundo constitucional de financiamento do norte e o desenvolvimento da Amazônia**. Belém: BASA, 2002.

COSTA, J.M.M. Ocupação, integração e desenvolvimento da Amazônia: 60 anos de ação federal. In: MENDES, A.D. (Org.). **Amazônia, terra e civilização: uma trajetória de 60 anos**. 2.ed.rev.aum. Belém: BASA, 2004.

DE LONG, J.B. **Cross-country variations in national economic growth rates: the role of technology**. Berkeley: University at California, 1996.

DIAS, J.; DIAS, M.H.A. Educação dos jovens, analfabetismo e o custo governo: teoria e aplicações econométricas para o Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 32, 2004, João Pessoa, 2004. **Anais...** João Pessoa: ANPEC, 2004.

DIAS, J.; DIAS, M.H.A. Crescimento econômico e as políticas de distribuição de renda e investimento em educação nos estados brasileiros: teoria e análise econométrica. In: ENCONTRO DE ECONOMIA DA REGIÃO SUL, 8, 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2005.

DIAS, J.; DIAS, M.H.A. **Instituições dos estados, educação dos jovens e analfabetismo**: um estudo econométrico em painel de dados. Maringá: UEM, 2007.

DUARTE, A.J.M.; FERREIRA, P.C.; SALVATO, M.A. Disparidades regionais ou educacionais? Um exercício contrafactual. In: TEIXEIRA, E.C.; BRAGA, M.J. (Eds.). **Investimento e crescimento econômico no Brasil**. Viçosa: UFV, 2006. p. 333-370.

EASTERLY, W.; REBELO, S. Fiscal policy and economic growth: an empirical investigation. **Journal of Monetary Economics**, n. 32, p. 417-458, 1993.

ENDERS, W. **Applied econometric time series**. 2.ed. New York: Wiley & Sons, 2004.

ENGLAND, R.W. Natural capital and the theory of economic growth. **Ecological Economics**, v. 34, n. 3, p. 425-431, 2000.

ENRÍQUEZ, G.; SILVA, M.A.; CABRAL, E.R. **Biodiversidade da Amazônia**: usos e potencialidades dos mais importantes produtos naturais do Pará. Belém: NUMA/UFPA, 2003.

EViews. **User's guide**. Quantitative Micro Software, LLC, 2004.

FAN, S.; HAZELL, P.; THORAT, S. Government spending, growth and poverty in rural India. **American Journal Agricultural Economics**, v. 82, n. 4, p. 1038-1051, Nov. 2000.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – FIESP. **Crescimento econômico**: como superar limitações e atingir o desenvolvimento social. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/>>. Acesso em: 26 jul. 2007.

FERREIRA, P.C.; MALLIAGROS, T.G. Impactos produtivos da infra-estrutura no Brasil: 1950-1995. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 2, p. 315-338, 1998.

FERREIRA, P.C.; ELLERY JUNIOR, R.; GOMES, V. Produtividade agregada brasileira (1970-2000): declínio robusto e fraca recuperação. **Ensaio Econômicos**, Rio de Janeiro, n. 594, jul. 2005.

FONSECA, L.N.; RIBEIRO, E.P. Preservação ambiental e crescimento econômico. In: ENCONTRO DE ECONOMIA DA REGIÃO SUL, 8, 2005. **Anais...** Porto Alegre: ANPEC SUL, 2005.

FRAIN, C.J. **Stata commands for unobserved effects panel data (2005)**. Disponível em: <[http://www.tcd.ie/Economics/staff/frainj/main/2005\\_06\\_MSc/Unobserved%20Effects%20Panel%20data%20\(STATA\)/panel\\_data.pdf](http://www.tcd.ie/Economics/staff/frainj/main/2005_06_MSc/Unobserved%20Effects%20Panel%20data%20(STATA)/panel_data.pdf)> Acesso em: 25 jul. 2007.

GALVÃO, A.C. **Política de desenvolvimento regional e inovação: lições da experiência europeia**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

GIULIETTI, M.; OTERO, J.; SMITH, J. **Testing for stationarity in heterogeneous panel data in the presence of cross section dependence**. Warwick: Department of Economics, University of Warwick, 2006. (Warwick Economic Research Papers, 758).

GOMES, S.C. **Estrutura industrial e competitividade das empresas de madeira do Estado do Pará – 2001**. 2003. 151 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade da Amazônia, Belém, PA.

GOMES, G.M.; VERGOLINO, J.R. **Trinta e cinco anos de crescimento econômico da Amazônia (1960/1995)**. Brasília: IPEA, 1997. 102 p. (Texto para Discussão, 533).

GREENE, W.H. **Econometric analysis**. 5.ed. Singapura: Pearson Education, 2003.

GROOTAERT, C. **Social capital: the missing link?** World Bank, 1998.

GROOTAERT, C. **Does social capital help the poor?** A synthesis of findings from the local level institutions studies in Bolivia, Burkina Faso and Indonesia. World Bank, 2001.

GROSSMAN, G.M.; KRUGUER, A.B. Economic growth and the environment. **The Quarterly Journal of Economics**, May 1995.

GUILHOTO, J.J.M.; SESSO FILHO, U.A. **Estrutura produtiva da Amazônia: uma análise de insumo-produto**. Belém: BASA, 2005.

GUJARATI, D.N. **Econometria básica**. 3.ed. São Paulo: Makron Books, 2000. 846 p.

GUJARATI, D.N. **Basic econometrics**. 4.ed. New York: McGraw Hill, 2003. 1002 p.

HADRI, K. Testing for stationarity in heterogeneous panel data. **Econometrics Journal**, v. 3, p. 148-161, 2000.

HAIR JR., J.F. **Multivariate data analysis: with readings**. 4.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1995. 758 p.

HAUSMAN, J.A. Specification tests in econometrics. **Econometrica**, v. 46, p. 1251-1272, 1978.

HAUSMAN, J.A.; TAYLOR, W. Panel data and unobservable individual effects. **Econometrica**, n. 49, p. 1377-1398, 1981.

HILL, R.; GRIFFITHS, W.; JUDGE, G. **Econometria**. 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

HIRSCHMAN, A.O. **The strategy of economic development**. New York; Yale University Press, 1958.

HOMMA, A.K.O. Uma política de C&T para o setor primário na Amazônia. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44, 2006, Fortaleza. **Anais...** Brasília: SOBER, 2006.

HSIAO, C. **Analysis of panel data**. 2.ed. New York: Cambridge University Press, 2002. 384 p.

HURTIENNE, T. Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA/UFPA**, v. 8, n. 1, jun. 2005.

IM, K.S.; PESARAN, M.H.; SHIN, Y. Testing for unit roots in heterogeneous panels. **Journal of Econometrics**, n. 115, p. 53-74, 2003.

INDIANA UNIVERSITY – IU. **The trustees of Indiana University**. Disponível em: <<http://www.indiana.edu/~statmath>>. Acesso em: 9 ago. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Banco de dados SIDRA**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 maio 2007a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Estatísticas do século XX**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 jun. 2007b.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Banco de dados IPEADData**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata>>. Acesso em: 4 ago. 2007.

JEON, B.M.; SICKLES, R.C. The role of environmental actors in growth accounting: a nonparametric analysis. **Journal of Applied Econometrics**, n. 5, p. 567-591, 2004.

JOHNSON, R.; WICHERN, D. **Applied multivariate statistical analysis**. 3.ed. New Jersey: Prentice-Hill, 2001. 642 p.

JOHNSTON, J.; DINARDO, J. **Econometric methods**. 4.ed. New York: McGraw-Hill, 1997. 531 p.

JONES, H.G. **Modernas teorias do crescimento econômico**: uma introdução. São Paulo: Atlas, 1979. 265 p.

JONES, C.I. **Introdução à teoria do crescimento econômico**. Rio de Janeiro: Campus, 2000. 178 p.

KHASNOBIS-GUHA, B.; BARI, F. **Sources of growth in South Asian economics**. Birmingham: University of Birmingham, Asia Research Programme of the ERSC, 2002. (Working Paper, 43).

KNELLER, R.; BLEANEY, M.; GEMMELL, N. **Growth, public policy and the government budget constraint**: evidence from OECD countries. University of Nottingham, 1999. (Discussion Paper, 14).

KYUNG, S.I.; PESARAN, M.H.; SHIN, Y. Testing for unit roots in heterogeneous panels. **Journal of Econometrics**, v. 115, p. 53-74, 2003.

LEE, M.L.; LIU, B.C.; WANG, P. Education, human capital enhancement and economic development: comparison between Korea and Taiwan. **Economics of Education Review**, v. 13, n. 4, p. 275-288, 1994.

LEVINE, R.; RENELT, D. **A sensitivity analysis of cross-country growth regressions**. World Bank, 1991. (Working Paper, 609).

LONDON, M.; KELLY, B. **A última floresta: a Amazônia na era da globalização**. São Paulo: Martins, 2007.

LOPES, A.S. **Desenvolvimento regional**. 5.ed. Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkin, 2001.

LOPEZ, R. et al. **Economic growth and the sustainability of natural resources**. Maryland: University of Maryland, Department of Agricultural and Resource Economics, College Park, 1998.

LOUREIRO, V. Educação e sociedade nos últimos 60 anos. In: MENDES, A.D. (Org.). **Amazônia, terra e civilização: uma trajetória de 60 anos**. 2.ed. Belém: BASA, 2004. p. 301-343.

LUCAS, R.E. On the mechanics of economic development. **Journal of Economic and Social Studies**, v. 22, n. 1, p. 129-144, 1988.

LUCAS, R.E. Making a miracle. **Econometrica**, v. 61, n. 2, p. 251-272, 1993.

MACIEL, M.L. Confiança, capital social e desenvolvimento. **Econômica**, v. 3, n. 2, p. 283-288, 2001.

MADDALA, G.S.; WU, S. A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, special issue, 1999.

MANKIW, N.; ROMER, D.; WEIL, D. A contribution to the empirics of economic growth. **Quarterly Journal of Economics**, n. 107, p. 407-438, 1992.

MARINHO, E.; ATALIBA, F.; LIMA, F. Produtividade, variação tecnológica e variação de eficiência técnica das regiões e estados brasileiros. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 367-407, 2002.

MATEUS, A.M. **Macroeconomia**. Disponível em: <[http://docentes.fe.unl.pt/~amateus/eco\\_desenvolvimento](http://docentes.fe.unl.pt/~amateus/eco_desenvolvimento)> Acesso em: 28 ago. 2007.

MÁTYÁS, L. **Generalized method of moments estimation**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

MENDES, S.M. **Efeitos dos investimentos em infra-estrutura na produtividade total dos fatores agrícolas no Brasil: 1985-2004.** 2005. 102 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MENDES, S.M.; TEIXEIRA, E.C. Efeitos dos investimentos em infra-estrutura na produtividade total dos fatores (PTF) na agricultura. In: TEIXEIRA, E.C.; BRAGA, M.J. (Eds.). **Investimento e crescimento econômico no Brasil.** Viçosa: UFV, 2006.

MINCER, J. **Human capital and economic growth.** NBER, 1981. (Working Paper, 803).

MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada:** uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

MOOMAW, R.; WILLIAMS, M. Total factor productivity growth in manufacturing further evidence from the States. **Journal of Regional Science**, v. 31, p. 17-34, Feb. 1991.

MUELLER, C.C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente.** Brasília: UnB, 2007.

MYRDAL, G. **Teoria econômica e regiões subdesenvolvidas.** Rio de Janeiro: ISEB, 1960.

NAKABASHI, L. **Três ensaios sobre capital humano e renda por trabalhador.** 2005. 128 p. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

NASCIMENTO, L.R.; LIMA, J.P. Incentivos fiscais (SUDAM e SUFRAMA) e a dinâmica industrial e agropecuária da região Norte. **Revista Análise Econômica**, ano 23, n. 43, mar. 2005.

NELSON, R.; PHELPS, E. Investment in humans, technological diffusion and economic growth. **American Economic Review**, n. 61, p. 69-75, 1966.

NOVAES, W. **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e Amazônia.** Brasília: UnB, 2002.

ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS BRASILEIRAS – OCB. Disponível em: <<http://www.brasilcooperativo.com.br>>. Acesso em: 14 jul. 2007.

PASTORE, A.C.; PINOTTI, M.C.; ALMEIDA, L.P. **A retomada do crescimento econômico**: em que velocidade? Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Altos Estudos, 2007. (Estudos e Pesquisas, 176).

PAVARINA, P.R.J.P. **Desenvolvimento, crescimento econômico e o capital social do Estado de São Paulo**. 2003. 164 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

PEREIRA, J.C. **Análise de dados qualitativos**: estratégias metodológicas para as ciências da saúde, humanas e sociais. 3.ed. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2001. 156 p.

PESSOA, S.A. **Brasil no limiar de um período de crescimento mais rápido**. Disponível em: <<http://getinternet.ipea.gov.br/pub/bccj/bc0701ppt.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2007.

PINDYCK, R.S.; RUBINFELD, D.L. **Econometria**: modelos e previsões. 4.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

PUTNAM, R.D. **Comunidade e democracia**: a experiência da Itália moderna. 3.ed. Rio de Janeiro: FGV, 2002.

REIS, E.J. Os impactos do pólo siderúrgico de Carajás no desflorestamento da Amazônia brasileira. **Revista Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 12, 2001.

RODRIGUES, A.S.D. Ensaio sobre a literatura de análise dos efeitos da educação no crescimento econômico. **Gestão e Desenvolvimento**, Portugal, n. 12, 2004.

ROMER, M.P. Increasing returns and long run growth. **Journal of Political Economy**, v. 94, p. 1002-1037, 1986.

ROMER, D. **Advanced macroeconomics**. New York: McGraw-Hill, 1996.

RUPASINGHA, A.; GOETZ, S.J.; FRESHWATER, D. Social and institutional factors as determinants of economic growth: evidence from the United States counties. **Regional Science**, v. 81, p. 139-155, 2002.

SABBAG, W.J. **Modernização agrícola em Pernambuco, 1950-1996**. 2000. 170 p. Tese (Doutorado em Economia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

SANTANA, A.C. **A competitividade das micro e pequenas empresas de madeira beneficiada e artefatos de madeira da região Norte**. Belém: MACROTEMPO-Consultoria Econômica, 2001.

SANTANA, A.C. **A competitividade sistêmica das empresas de madeira da região Norte**. Belém: FCAP, 2002a.

SANTANA, A.C. **O Fundo Constitucional de Financiamento do Norte e o desenvolvimento da Amazônia**. Belém: BASA, 2002b.

SANTANA, A.C. **Elementos de economia, agronegócio e desenvolvimento local**. Belém: Agência Alemã de Cooperação Técnica (GTZ), Universidade Técnica de Dresden (TUD), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), 2005. (Série Acadêmica, 1).

SANTANA, A.C. Análise sistêmica sobre a formação e distribuição geográfica de aglomerados produtivos no Estado do Pará. **Amazônia Ciência e Desenvolvimento**, Belém, n. 2, p. 25-34, 2006.

SANTANA, A.C.; AMIN, M.M. **Cadeias produtivas e oportunidades de negócio na Amazônia**. Belém: Unama, 2002.

SANTANA, A.C.; GOMES, S.C. Mercado, comercialização e ciclo de vida do mix de produtos do açaí no Estado do Pará. In: CARVALHO, A. (Org.). **Ensaio selecionados sobre a economia da Amazônia nos anos 90**. Belém: Unama, 2005. v. 2.

SANTOS, R.A.O. **História econômica da Amazônia: 1800-1920**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1980.

SANTOS, M.A. **Organização e competitividade das micro e pequenas empresas de artefatos de madeira do Estado do Pará**. 2002. 153 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade da Amazônia, Belém, PA.

SHAFIK, N.; BANDYOPADHYAY, S. **Economic growth and environmental quality: time-series and cross-country evidence**. Washington: World Bank, 1992. (Working Papers, 904).

SILVA, A. et al. Panorama do cooperativismo brasileiro. **Unircoop Américas**, v. 1, n. 2, 2003.

SILVA, A.B.; MARINHO, E.L.M. Capital humano progresso técnico e crescimento econômico: um reexame empírico das abordagens de acumulação, inovação e difusão tecnológica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 33, 2005, Natal. **Anais...** Natal: ANPEC, 2005.

SILVA, G.J.C.; FORTUNATO, W.L.L. Infra-estrutura e crescimento: uma avaliação do caso brasileiro no período de 1985-1998. In: FÓRUM DE DESENVOLVIMENTO DO BANCO DO NORDESTE BRASILEIRO, 12, 2007. **Anais...** Fortaleza: BNB, 2007.

SMITH, A. **A riqueza das nações**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

SOLOW, R. A contribution to the theory of economic growth. **Quarterly Journal of Economics**, Feb. 1956.

SOLOW, R. Technical change and the aggregate production function. **Review of Economics and Statistics**, v. 39, 1957.

SOLOW, R. Intergenerational equity and exhaustible resources. **Review Economics Studies**, p. 29-45, 1974.

SOUZA, M.R.P. **Fatores determinantes do crescimento das regiões: um processo de mensuração**. 2004. 161 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção de Sistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

SOUZA JÚNIOR, J.R.; JAYME JÚNIOR, F.G. **Restrição ao crescimento no Brasil: uma aplicação do modelo de três hiatos (1970-2000)**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2002.

STATA. Disponível em: <<http://www.stata.com>>. Acesso em: 4 jul. 2007.

STOCK, J.H.; WATSON, M.W. **Econometria**. São Paulo: Addison Wesley, 2004.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO AMAZONAS – SUDAM. **Avaliação da política de incentivos fiscais do desenvolvimento regional na área da SUDAM**. Belém, 1990a.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO AMAZONAS – SUDAM. **Avaliação da política de investimentos do FINAM na Amazônia Legal**. Belém, 1990b.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO AMAZONAS – SUDAM. **Relatório de gestão da política de incentivos fiscais, período: 01/07/97 a 30/06/98.** Belém, 1998.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO AMAZONAS – SUDAM. **Situação e relação geral dos projetos aprovados pelo CONDEL/SUDAM, na forma dos artigos 5º e 5º/9º da Lei 8.167/91, e seus respectivos saldos em 31/08/99.** Belém, 1999.

TAVARES, J.M.; ATALIBA, F.; CASTELAR, I. Mensuração da produtividade total dos fatores para os estados brasileiros, sua contribuição ao crescimento do produto e influência da educação: 1986-1998. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 32, p. 633-653, 2001.

TZELEPIS, D.; SKURAS, D. The effects of regional capital subsidies on firm performance: an empirical study. **Journal of Small Business and Enterprise Development**, v. 11, n. 1, p. 121-129, 2004.

VARELA, L.B. **Análise da eficiência econômica do Fundo Constitucional de Financiamento do Norte – FNO sobre a agropecuária do Estado do Pará – 1989-1999.** 2001. 123 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade da Amazônia, Belém, PA.

VERBEEK, M. **A guide to modern econometrics.** Chichester: John Wiley & Sons, 2000. 386 p.

VERGOLINO, J.R.; GOMES, G.M. Metamorfoses da economia amazônica. In: MENDES, A.D. (Org.). **Amazônia, terra e civilização: uma trajetória de 60 anos.** 2.ed.rev.aum. Belém: Banco da Amazônia, 2004.

VIEIRA, P.F. **Dilemas socioambientais e desenvolvimento sustentável.** Campinas: UNICAMP, 1995.

VINCENT, J.R.; ALI, R.M. **Environment and development in resource rich economy: Malaysia under the new economic policy.** Harvard, Harvard Institute for International Development, 1997.

VIOLA, E.J.; LEIS, H. A evolução das políticas ambientais no Brasil, 1971-1991: do biossetorialismo preservacionista para o multissetorialismo orientado para o desenvolvimento sustentável. In: HOGAN, D.J.; VIEIRA, P.F. **Dilemas socioambientais e desenvolvimento.** Campinas: Unicamp, 1995.

WHITELEY, P.F. Economic growth and social capital. **Political Studies**, v. 48. p. 443-466, 2000.

WOOLDRIDGE, J.M. **Econometric analysis of cross section and panel data**. MIT, 2002.

WORLD BANK. **The East Asian miracle: economic growth and public policy**. New York: Oxford University Press, 1993.

YOUNG, A. The tyranny of numbers: confronting the statistical realities of the East Asian growth experience. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 110, n. 3, p. 641-680, 1995.

ZAMBRANO, C.; LIMA, J.E. Análise estatística multivariada de dados socioeconômicos. In: SANTOS, M.L.; VIEIRA, W.C. (Eds.). **Métodos quantitativos em economia**. Viçosa: UFV, 2004. p. 555-576.

ZHANG, X.; FAN, S. How productive is infrastructure? A new approach and evidence from rural India. **American Journal Agricultural Economics**, v. 86, n. 2, p. 492-501, 2004.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A

Tabela 1A – Produto Interno Bruto (PIB) dos estados da Amazônia Legal, 1990-2004 (em mil reais, de 2000)

Ano	Y_AC	Y_AM	Y_AP	Y_PA	Y_RO	Y_RR	Y_TO	Y_MA	Y_MT
1990	1.174.501	15.422.137	1.365.033	17.449.294	4.153.426	950.864	1.340.860	6.766.107	7.078.786
1991	1.148.330	14.429.142	1.377.158	17.448.098	3.610.363	803.574	1.556.279	6.969.812	7.825.108
1992	1.233.695	13.476.955	1.496.629	15.056.239	3.389.926	725.515	1.421.730	6.868.362	8.120.599
1993	1.275.039	16.922.329	1.461.639	21.097.883	3.941.595	608.262	1.580.671	6.966.017	9.511.742
1994	1.486.009	15.930.214	1.692.576	22.453.189	4.129.339	646.208	1.796.435	7.754.243	10.462.899
1995	1.518.783	16.779.681	1.885.573	18.439.615	4.517.048	716.513	1.871.164	7.727.913	9.936.633
1996	1.491.800	18.316.726	1.741.640	18.011.402	4.730.966	710.846	1.993.581	8.934.136	10.329.092
1997	1.577.485	17.305.113	1.832.914	17.672.434	5.041.198	746.174	2.065.782	8.898.844	10.993.870
1998	1.664.693	17.301.965	1.719.257	17.834.540	5.281.177	854.831	2.223.567	8.273.258	11.340.028
1999	1.687.345	16.854.839	1.716.391	18.067.513	5.443.193	885.493	2.282.204	8.580.200	12.679.235
2000	1.702.621	18.872.885	1.968.365	18.913.684	5.624.964	1.116.581	2.450.498	9.206.845	13.428.289
2001	1.787.734	19.299.829	2.096.992	20.241.699	5.661.535	1.134.556	2.854.112	9.580.188	13.451.664
2002	1.908.543	21.146.898	2.240.574	21.569.329	6.153.976	1.257.155	2.995.036	9.648.325	15.112.893
2003	1.995.683	20.619.133	2.265.257	21.466.044	6.239.517	1.232.416	3.078.521	10.274.659	16.616.565
2004	2.201.797	24.374.798	2.526.793	23.225.012	6.618.234	1.266.093	3.238.285	11.238.693	18.973.226

Fonte: Ipea (2007).

Nota: Valores a preços constantes de 2000 (em R\$ mil), deflacionado pelo Deflator Implícito do PIB nacional com ano base: Ago. 1994=100.

Tabela 2A – Estoque de capital fixo dos estados da Amazônia Legal, 1990-2004  
(em mil reais, de 2000)

Ano	K_AC	K_AM	K_AP	K_PA	K_RO	K_RR	K_TO	K_MA	K_MT
1990	36.695	481.837	42.648	545.172	129.766	29.708	41.893	211.395	221.164
1991	35.304	443.605	42.339	536.419	110.996	24.705	47.846	214.278	240.573
1992	37.771	412.613	45.821	460.965	103.787	22.213	43.528	210.283	248.622
1993	36.897	489.696	42.297	610.527	114.061	17.602	45.741	201.581	275.249
1994	40.135	430.250	45.714	606.425	111.527	17.453	48.519	209.430	282.586
1995	38.857	429.301	48.242	471.769	115.567	18.332	47.873	197.715	254.224
1996	36.520	448.403	42.636	440.928	115.816	17.402	48.804	218.712	252.861
1997	36.917	404.977	42.894	413.573	117.975	17.462	48.344	208.252	257.280
1998	38.347	398.562	39.604	410.830	121.655	19.692	51.221	190.580	261.225
1999	37.908	378.660	38.560	405.903	122.286	19.893	51.272	192.762	284.851
2000	36.257	401.898	41.916	402.766	119.783	23.778	52.183	196.060	285.955
2001	37.311	402.800	43.766	422.457	118.160	23.679	59.567	199.945	280.745
2002	38.755	429.408	45.497	437.986	124.962	25.528	60.817	195.918	306.882
2003	39.921	412.462	45.314	429.403	124.814	24.653	61.582	205.533	332.395
2004	42.244	467.660	48.480	445.600	126.979	24.292	62.130	215.628	364.025

Fonte: Mendes (2005).

Nota: O valor do estoque de capital para os estados corresponde ao equivalente proporcional do PIB estadual no PIB Brasil. Valores deflacionados pelo IPC com ano base 2000.

Tabela 3A – Número de trabalhadores empregados com carteira assinada nos estados da Amazônia Legal, 1990-2004

Ano	N_AC	N_AM	N_AP	N_PA	N_RO	N_RR	N_TO	N_MA	N_MT
1990	46.273	250.710	35.216	364.791	98.444	9.519	28.181	230.436	198.951
1991	45.588	233.787	33.310	354.918	105.144	19.947	58.788	237.047	188.207
1992	42.955	209.983	16.500	350.506	97.985	18.321	35.940	222.545	148.529
1993	49.916	225.602	35.252	389.082	107.991	21.178	60.461	229.559	198.012
1994	67.036	230.013	30.574	397.339	115.493	20.777	30.673	241.975	230.156
1995	48.156	239.253	31.758	393.808	119.040	21.406	56.731	247.925	232.434
1996	54.657	230.742	38.998	396.762	112.875	21.798	71.798	252.161	240.401
1997	55.217	233.518	38.428	396.562	130.774	21.810	77.358	265.960	260.739
1998	60.176	237.027	43.868	418.442	132.982	25.747	90.534	273.434	277.008
1999	58.074	232.965	43.929	432.076	144.460	24.607	96.032	272.606	289.807
2000	61.448	249.373	47.515	458.636	147.904	23.446	106.043	284.793	315.547
2001	64.781	267.273	46.643	488.368	150.507	26.845	117.363	308.479	342.157
2002	68.439	291.315	55.960	546.251	173.276	28.129	133.227	329.935	379.152
2003	68.500	318.361	62.927	572.579	183.477	27.725	146.192	348.761	414.101
2004	73.731	365.088	70.118	635.493	201.798	23.272	23.272	370.370	472.636

Fonte: Brasil (2007b).

Tabela 4A – Taxa de desmatamento anual (km<sup>2</sup>/ano) para os estados da Amazônia Legal, 1990-2004

Ano	X2_AC	X2_AP	X2_AM	X2_MA	X2_MT	X2_PA	X2_RO	X2_RR	X2_TO	X2_AL
1990	550	250	520	1100	4020	4890	1670	150	580	13730
1991	380	410	980	670	2840	3780	1110	420	440	11030
1992	400	36	799	1135	4674	3787	2265	281	409	13786
1993 (b)	482	-	370	372	6220	4284	2595	240	333	14896
1994	482	-	370	372	6220	4284	2595	240	333	14896
1995	1208	9	2114	1745	10391	7845	4730	220	797	29059
1996	433	-	1023	1061	6543	6135	2432	214	320	18161
1997	358	18	589	409	5271	4139	1986	184	273	13227
1998	536	30	670	1012	6466	5829	2041	223	576	17383
1999	441	-	720	1230	6963	5111	2358	220	216	17259
2000	547	-	612	1065	6369	6671	2465	253	244	18226
2001	419	7	634	958	7703	5237	2673	345	189	18165
2002	730	-	881	1014	7892	7324	3067	84	212	21205
2003	885	25	1632	993	10405	6996	3620	439	156	25151
2004	769	46	1221	755	11814	8521	3834	311	158	27429

Fonte: Ministério da Ciência e Tecnologia/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

(a) Média entre 1977 e 1988.

(b) Média entre 1993 e 1994.

Tabela 5A – Escolaridade média para pessoas com 25 anos e mais nos estados da Amazônia Legal, 1990-2004

Ano	X1_AC	X1_AM	X1_AP	X1_MA	X1_MT	X1_PA	X1_RO	X1_RR	X1_TO
1990	4,94	5,80	5,98	2,64	4,39	5,13	5,14	6,67	-
1991*	5,56	6,02	5,75	2,76	4,45	5,07	5,27	6,07	3,17
1992	6,18	6,23	5,52	2,87	4,50	5,01	5,40	5,47	3,17
1993	5,56	5,67	5,24	3,06	4,61	4,98	5,30	6,45	3,25
1994*	5,70	5,85	5,36	3,14	4,77	5,05	5,47	5,97	3,48
1995	5,84	6,03	5,49	3,22	4,94	5,12	5,64	5,49	3,72
1996	5,76	5,94	5,47	3,37	4,91	5,30	5,74	6,11	4,05
1997	5,88	6,11	6,13	3,37	5,17	5,33	5,61	6,19	3,77
1998	6,24	6,05	6,04	3,56	5,36	5,31	6,18	6,34	3,95
1999	6,27	6,20	6,28	3,63	5,31	5,48	6,24	7,91	4,45
2000*	6,08	6,43	6,78	3,90	5,38	5,69	5,92	6,60	4,57
2001	5,89	6,66	7,29	4,18	5,45	5,90	5,60	5,30	4,70
2002	6,19	6,85	6,68	4,14	5,96	6,00	5,80	5,50	4,90
2003	5,65	7,07	6,66	4,31	6,01	6,00	6,00	6,50	5,30
2004	5,18	6,67	6,78	4,59	6,13	5,50	5,60	6,30	5,40

Fonte: Ipea (2007).

\* Valor gerado pela taxa média aritmética simples dos dados observados para os anos, imediatamente antecedentes, e o conseqüente. O estado do Tocantins repetiu-se o ano de 1992.

Nota: Razão entre o somatório do número de anos de estudo completados pelas pessoas que tem 25 ou mais anos de idade e o número de pessoas nessa faixa etária.

Tabela 6A – Número de cooperativas constituídas nos estados da Amazônia Legal, 1990-2004

Ano	X3_AC	X3_AM	X3_AP	X3_MA	X3_MT	X3_PA	X3_RO	X3_RR	X3_TO
1990	0	3	6	8	33	20	15	0	8
1991	1	3	9	17	30	25	4	7	4
1992	2	4	2	26	28	36	9	7	5
1993	0	6	7	20	33	35	7	23	2
1994	3	5	5	21	20	30	17	3	6
1995	3	6	9	24	16	22	7	5	8
1996	3	11	11	51	27	41	19	5	2
1997	1	11	11	78	43	77	25	6	22
1998	6	13	16	74	48	71	25	9	5
1999	18	15	15	53	66	71	34	7	34
2000	23	10	16	28	37	71	29	12	30
2001	23	20	24	44	47	95	39	10	15
2002	7	10	28	34	38	55	40	7	5
2003	10	14	12	40	40	49	34	12	7
2004	7	14	7	25	41	52	22	9	12

Fonte: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC)/ Departamento Nacional de Registro do Comércio (DNRC).

Tabela 7A – Terminais telefônicos fixos (residencial e público) em serviço, Amazônia Legal, 1990-2004, em unidades

Ano	X9_AC	X9_AM	X9_AP	X9_MA	X9_MT	X9_PA	X9_RO	X9_RR	X9_TO
1990	17990	92812	13107	82671	80577	128369	43198	15103	14407
1991	19076	98312	13648	88833	90252	135818	43982	16075	16027
1992	21723	111378	15826	93886	102532	144916	47811	16498	17506
1993	24016	116857	18877	102000	111891	155463	51109	16953	20219
1994	27443	127989	23673	114510	126123	180563	58241	18792	23645
1995	30086	145911	29844	153027	151618	219490	65392	22893	35894
1996	36352	191676	36579	172482	202999	278306	70188	27716	38502
1997	31340	151461	37287	169923	204263	250413	72737	24192	47773
1998	38351	161944	42677	195625	248442	274578	89319	31327	57043
1999	62429	209492	53217	236212	303914	409558	161159	41573	76914
2000	68330	310753	69678	304212	328261	520492	180469	46694	94237
2001	75610	379308	63133	390762	373807	576039	183480	52114	125305
2002	87179	360516	58497	405363	469612	535103	207802	52157	144984
2003	93169	376974	60824	447542	508558	555671	220402	52936	151280
2004	98889	447405	80423	515230	651393	717368	255921	65961	165527

Fonte: Retirado de Mendes (2005).

Tabela 8A – Capacidade nominal total instalada de geração de energia elétrica (hidráulica e térmica) por estado, Amazônia Legal, 1990-2004, em MW

Ano	X8_AC	X8_AM	X8_AP	X8_MA	X8_MT	X8_PA	X8_RO	X8_RR	X8_TO
1990	79	694	47	127	106	3.650	336	75	23
1991	78	690	46	127	119	4.004	275	90	23
1992	78	694	58	127	121	4.351	273	85	23
1993	80	694	114	127	126	4.351	273	112	23
1994	99	715	114	127	118	4.354	320	114	24
1995	118	715	114	127	122	4.353	363	117	24
1996	126	702	113	126	85	4.357	396	115	38
1997	122	810	158	6	91	4.368	422	110	58
1998	127	1.105	158	6	95	4.368	422	110	63
1999	127	1.105	158	6	395	4.367	423	112	65
2000	127	1.105	188	6	448	4.367	486	112	65
2001	127	1.105	188	6	786	4.367	486	112	245
2002	200	1.331	212	10	1.180	4.277	717	144	970
2003	200	1.33	211	131	1.985	5.401	911	144	970
2004	200	1.33	211	131	1.985	6.151	918	144	970

Fonte: Retirado de Mendes (2005).

Tabela 9A – Extensão da rede rodoviária federal, em tráfego e pavimentada, Brasil, 1990-2004, em quilômetros

Ano	X14_AC	X14_AM	X14_AP	X14_MA	X14_MT	X14_PA	X14_RO	X14_RR	X14_TO
1990	199	855	143	2124	2678	845	962	64	859
1991	322	857	143	2175	2703	846	1116	64	834
1992	322	857	143	2175	2703	846	1116	64	834
1993	298	857	192	2175	2703	846	1168	211	834
1994	298	857	192	2175	2703	846	1168	211	834
1995	292	857	161	2182	2671	846	1234	350	830
1996	199	854	143	1949	2626	638	732	357	830
1997	457	498	160	2374	2626	845	1254	688	808
1998	1157	498	160	2921	2711	1185	1254	688	971
1999	441	534	160	2922	2711	1185	1254	828	972
2000	441	534	160	3145	2711	1189	1254	820	1087
2001	441	335	160	3145	2807	1137	1254	820	1048
2002	490	262	324	3683	3483	1723	1254	1048	1361
2003	458	265	243	3257	2901	1630	1261	917	1273
2004	1234	1752	680	4612	6880	1783	1357	1606	2458

Fonte: Retirado de Mendes (2005).

Tabela 10A – Valor dos recursos aplicados pelo FINAM nos estados da Amazônia Legal, 1990-2004 (em mil reais, de 2000)

Ano	X11_AC	X11_AM	X11_AP	X11_MA	X11_MT	X11_PA	X11_RO	X11_RR	x11_TO
1990	1.732,82	52.096,75	1.971,21	6.463,15	231.004,99	96.215,19	1.066,84	5.390,81	15.822,88
1991	847,49	147.229,61	4.785,65	9.948,65	150.580,22	43.124,79	4.877,21	567,33	19.711,89
1992	1.630,84	49.409,45	12.090,86	5.724,16	167.365,76	118.606,07	11.265,74	20.339,47	25.244,41
1993	7.525,21	75.305,15	9.709,33	14.514,28	190.846,83	126.941,01	8.891,01	3.737,27	26.808,68
1994	666,43	9.010,09	1.451,11	2.841,89	17.983,47	17.167,46	306,56	-	1.902,64
1995	13.993,33	49.567,90	9.417,00	13.373,11	84.501,08	149.088,35	12.113,82	2.879,38	53.426,61
1996	8.934,88	61.772,29	3.503,62	10.038,09	109.932,44	106.910,01	9.474,53	1.140,26	50.135,99
1997	2.779,45	70.167,03	4.004,10	22.029,05	115.579,31	104.017,82	8.001,12	2.267,89	54.630,72
1998	4.769,60	62.896,77	19.711,51	27.525,10	115.877,65	157.507,85	18.103,10	705,34	65.348,42
1999	4.755,27	20.881,16	4.617,72	19.465,25	136.786,78	178.480,31	9.602,15	1.121,34	70.678,49
2000	2.729,23	46.295,67	15.796,50	75.464,49	143.035,72	144.401,23	20.784,95	180,75	79.291,18
2001	474,19	-	-	1.896,75	1.114,89	5.363,95	37.607,02	-	269,86
2002	-	12.647,69	-	-	76.947,79	16.098,34	35.274,58	-	12.107,78
2003	289,18	-	-	-	3.274,88	11.802,47	1.295,50	-	55.998,65

Fonte: Ada (2006).

Nota: Valores deflacionados pelo IGP-DI com ano base: Ago 1994=100.

Tabela 11A – Valor dos recursos aplicados pelo FNO nos estados da região Norte, 1990-2004 (em mil reais, de 2000)

Ano	X12_AC	X12_AM	X12_AP	X12_PA	X12_RO	X12_RR	X12_TO
1990	4.595,56	36.705,72	3.661,76	156.986,64	50.852,01	18.027,94	77.791,70
1991	2.715,31	71.298,78	2.171,05	293.170,42	10.279,91	20.130,97	42.846,26
1992	447,74	1.191,01	9.879,72	34.934,86	3.516,05	3.098,69	9.323,33
1993	9.252,55	5.522,58	2.625,07	102.311,99	30.476,12	9.324,50	44.811,35
1994	13.990,89	35.891,51	11.975,73	422.145,36	53.787,35	12.620,69	87.928,58
1995	7.049,67	32.500,97	8.556,89	230.274,55	47.899,02	17.296,61	78.539,41
1996	27.739,89	53.269,62	38.609,74	383.624,79	66.008,14	41.552,27	215.074,01
1997	7.008,42	8.787,88	1.883,54	41.500,65	18.414,76	2.977,31	12.114,38
1998	9.832,60	9.484,65	4.876,00	133.000,59	44.766,88	68,17	21.983,46
1999	22.361,08	15.945,04	1.938,11	301.566,96	72.772,48	1.095,47	160.873,20
2000	40.837,44	82.967,49	4.727,58	533.116,03	134.500,18	10.011,03	178.887,85
2001	40.616,94	31.628,84	4.218,16	244.122,97	26.852,52	2.962,91	142.942,61
2002	35.817,53	36.859,37	5.232,16	284.615,00	61.548,55	4.731,45	124.505,04
2003	41.724,90	64.553,85	2.668,99	371.211,75	114.174,48	9.350,54	172.766,96
2004	46.893,40	111.530,77	4.202,89	328.834,22	143.707,91	17.711,79	215.033,60

Fonte: Basa (2004).

Valores corrigidos a preços de 2000 pelo IGP-DI médio (base: média 2000=100).

## APÊNDICE B

Tabela 1B – Taxa de crescimento anual da PTF, média anual e desvio-padrão, segundo função de produção original, estados da Amazônia Legal, 1990-2004

Ano	AC	AM	AP	MA	MT	PA	RO	RR	TO	Média
1990	0.772	0.846	0.829	0.759	0.784	0.807	0.818	0.987	0.859	0.829
1991	0.782	0.860	0.849	0.769	0.815	0.822	0.803	0.857	0.783	0.816
1992	0.802	0.870	0.976	0.778	0.857	0.809	0.808	0.859	0.845	0.845
1993	0.824	0.933	0.893	0.814	0.875	0.877	0.853	0.856	0.823	0.861
1994	0.849	0.977	0.993	0.869	0.917	0.935	0.900	0.919	1.001	0.929
1995	0.945	1.024	1.050	0.906	0.951	0.952	0.950	0.972	0.947	0.966
1996	0.957	1.084	1.039	0.958	0.987	0.983	1.002	1.005	0.953	0.997
1997	1.001	1.114	1.090	0.986	1.021	1.019	1.025	1.052	0.982	1.032
1998	1.007	1.126	1.070	0.983	1.029	1.025	1.043	1.057	0.979	1.035
1999	1.037	1.150	1.092	1.011	1.060	1.043	1.055	1.094	0.994	1.059
2000	1.076	1.209	1.151	1.061	1.103	1.087	1.105	1.196	1.033	1.113
2001	1.093	1.219	1.186	1.070	1.106	1.105	1.121	1.191	1.057	1.128
2002	1.119	1.247	1.187	1.084	1.132	1.120	1.134	1.228	1.066	1.146
2003	1.141	1.238	1.180	1.098	1.145	1.124	1.139	1.243	1.066	1.153
2004	1.184	1.285	1.219	1.141	1.182	1.157	1.171	1.333	1.535	1.245
Média	0.973	1.079	1.054	0.952	0.998	0.991	0.995	1.057	0.995	
Desvio-padrão	0.139	0.152	0.125	0.129	0.127	0.12	0.131	0.154	0.175	
Coef. Var.	14.27	14.05	11.88	13.59	12.7	12.12	13.17	14.57	17.55	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 2B – Taxa de crescimento anual da PTF, média anual e desvio-padrão, segundo função de produção ampliada, estados da Amazônia Legal, 1990-2004

Ano	AC	AM	AP	MA	MT	PA	RO	RR	TO	Média
1990	0.797	0.782	0.787	0.928	0.815	0.785	0.805	0.855	0.970	0.836
1991	0.781	0.786	0.813	0.929	0.836	0.802	0.796	0.810	0.919	0.830
1992	0.770	0.786	0.899	0.927	0.862	0.799	0.795	0.839	0.966	0.849
1993	0.825	0.861	0.882	0.956	0.884	0.857	0.844	0.816	0.962	0.876
1994	0.855	0.902	0.960	1.014	0.924	0.912	0.887	0.896	1.094	0.938
1995	0.927	0.940	1.007	1.054	0.957	0.940	0.928	0.970	1.057	0.976
1996	0.954	0.994	1.019	1.094	0.997	0.966	0.971	0.976	1.052	1.003
1997	0.992	1.021	1.033	1.134	1.020	1.004	1.007	1.018	1.114	1.038
1998	0.984	1.037	1.032	1.121	1.020	1.014	0.995	1.018	1.102	1.036
1999	1.011	1.053	1.044	1.145	1.051	1.026	1.009	0.984	1.084	1.045
2000	1.065	1.097	1.074	1.178	1.094	1.063	1.076	1.117	1.124	1.099
2001	1.093	1.099	1.079	1.170	1.101	1.070	1.113	1.197	1.137	1.118
2002	1.104	1.116	1.119	1.195	1.098	1.084	1.120	1.218	1.141	1.133
2003	1.154	1.107	1.122	1.196	1.108	1.093	1.118	1.176	1.121	1.133
2004	1.230	1.169	1.156	1.221	1.140	1.159	1.179	1.260	1.426	1.216
Média	0.970	0.983	1.002	1.084	0.994	0.972	0.976	1.010	1.085	1.008
Desvio-padrão	0.143	0.132	0.112	0.108	0.108	0.118	0.13	0.153	0.119	
Coef. Var.	14.8	13.45	11.18	9.945	10.88	12.19	13.27	15.14	10.97	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 3B – Matriz de correlação dos resíduos do modelo de EF, estados da região Norte, 1990-2004

	AC	AM	AP	PA	RO	RR	TO
AC	1,0000						
AM	0,4688	1,0000					
AP	0,4651	0,5758	1,0000				
PA	0,7380	0,8277	0,6465	1,0000			
RO	0,6320	0,7167	0,5202	0,7230	1,0000		
RR	0,4905	0,7316	0,7006	0,7115	0,6237	1,0000	
TO	-0,0091	-0,3274	0,0689	-0,1432	-0,3682	-0,1016	1,0000

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 4B – Matriz de correlação dos resíduos do modelo de EF, estados da Amazônia Legal, 1990-2004

	AC	AM	AP	MA	MT	PA	RO	RR	TO
AC	1,0000								
AM	0,6776	1,0000							
AP	0,5866	0,3597	1,0000						
MA	0,7533	0,8963	0,4471	1,0000					
MT	0,8442	0,8151	0,8115	0,8319	1,0000				
PA	0,8914	0,8375	0,5989	0,8821	0,9408	1,0000			
RO	0,8319	0,8463	0,5847	0,7946	0,9029	0,8674	1,0000		
RR	0,6617	0,7233	0,7415	0,7606	0,8236	0,7658	0,7222	1,0000	
TO	0,2569	-0,0001	0,2726	0,1238	0,1767	0,2554	0,0114	0,1423	1,0000

Fonte: Resultados da pesquisa.

## APÊNDICE C

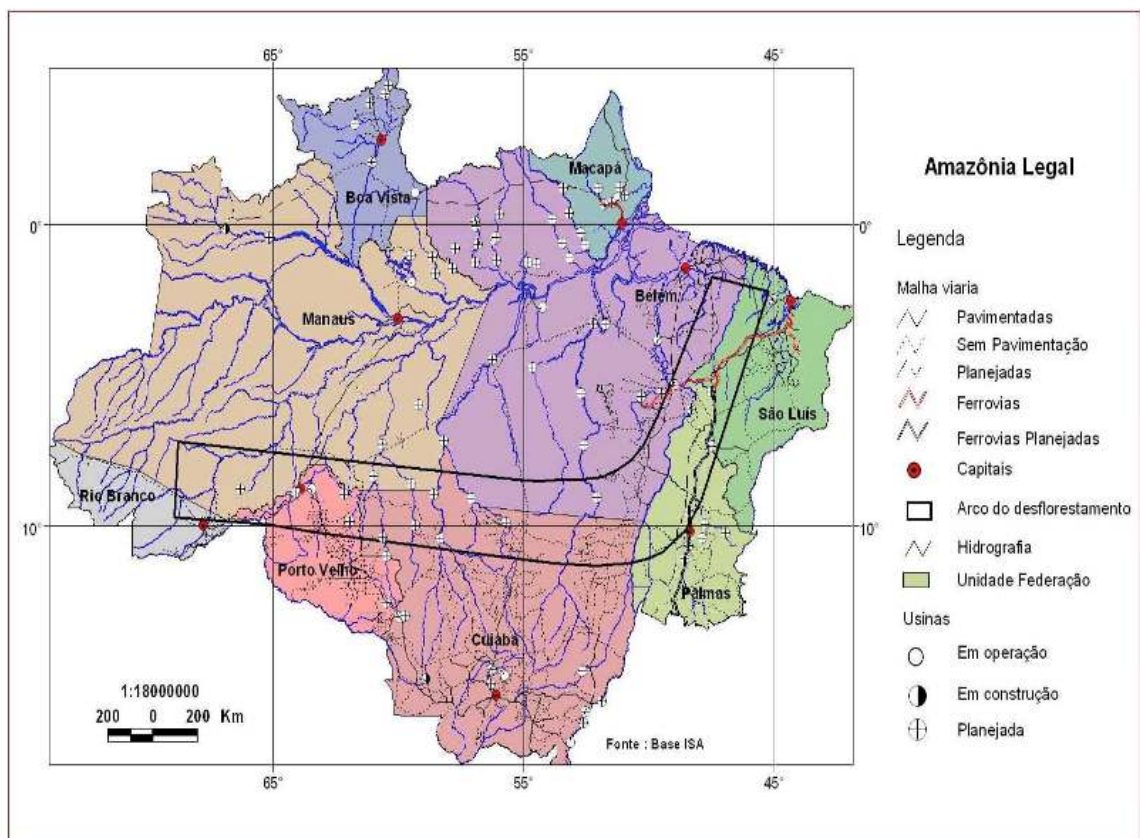


Figura 1C – Mapa da Amazônia Legal.