

**Universidade de São Paulo
Escola Politécnica
Departamento de Engenharia de Minas**

**INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E
SETORES DA INDÚSTRIA:
O CONTEXTO DA INDÚSTRIA EXTRATIVA E
DE TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Maria Helena Machado Rocha Lima

**Tese de Doutorado
São Paulo
2000**

MARIA HELENA MACHADO ROCHA LIMA

**INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E
SETORES DA INDÚSTRIA:
O CONTEXTO DA INDÚSTRIA EXTRATIVA E
DE TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia Mineral

Orientador: Professor Dr. Eduardo Camilher
Damasceno

São Paulo

2000

Rocha Lima, Maria Helena Machado. Inovação Tecnológica e Setores da Indústria: o contexto da Indústria Extrativa e de Transformação Mineral. São Paulo, 2000, 143 p.

Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas.

1. Economia Mineral. 2. Economia Industrial. 3. Economia da Tecnologia 4. Inovação Tecnológica. 5. Patentes. I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Eduardo Camilher Damasceno, pela solidariedade, orientação nos trabalhos e, principalmente, pelo incentivo aos desafios.

Ao Professor Robert Evenson, diretor do Economic Growth Center da Universidade de Yale, que me orientou e abriu novos caminhos durante o ano que estive como Pesquisadora Afiliada, com bolsa do CNPq.

Ao Professor Dr. Roberto C. Villas Bôas, pelo empenho na viabilização do Convênio USP/CETEM que possibilitou a realização do Curso de Doutorado em Engenharia Mineral.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq que me concedeu bolsa de um ano para elaboração da tese na Universidade de Yale nos Estados Unidos.

Ao Diretor do CETEM, Dr. Fernando Freitas Lins, e ao chefe do Departamento de Estudos e Projetos, Carlos Peiter, pelo apoio institucional durante o período do curso e de redação da dissertação de tese.

Aos Professores Dr. Saul Suslick e Dr. Antônio Nagle, pelas valiosas sugestões apresentadas no exame de qualificação.

A Wasmalia Bivar do DEIND - IBGE e sua equipe que atenderam prontamente a todas minhas demandas, quando ainda estava nos Estados Unidos.

Ao meu pai, Raymundo de Campos Machado, pela orientação e conselhos, fruto do conhecimento profundo do setor que acompanhou durante uma vida de dedicação e trabalho, como professor catedrático e engenheiro pioneiro da indústria do alumínio.

A meus pais e a meus filhos.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Considerações gerais e objetivo da tese	2
1.2	Aspectos metodológicos	3
1.3	Organização da tese	5
2	O REFERENCIAL TEÓRICO: TEORIA DO CRESCIMENTO ECONÔMICO, INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E SEUS INDICADORES	6
2.1	Crescimento econômico e inovação tecnológica	6
2.2	Indicadores de inovação tecnológica	12
3	HISTÓRIA RECENTE DA LEGISLAÇÃO SOBRE A TECNOLOGIA	25
3.1	Fase pré 1988	25
3.2	Período entre 1988 a 1990	31
3.3	Período pós 1990	32
4	BASE DE DADOS: FONTES E METODOLOGIA	36
4.1	Fontes de dados	36
4.2	Metodologia de deflacionamento	42
4.3	Variáveis	43
4.3.1	Valor real da produção de bens finais	44
4.3.2	Número de empregados na produção	47

4.3.3	Número de empregados na administração	48
4.3.4	Valor real do consumo de energia elétrica	49
4.3.5	Valor real do consumo de combustível	50
4.3.6	Ativo real total	51
4.3.7	Pagamento de <i>royalties</i>	52
4.3.8	Patentes de domiciliados no Brasil	53
4.3.9	Patentes de americanos no Brasil	54
5	O ARCABOUÇO TEÓRICO	56
5.1	Formulação do modelo de função de produção	56
5.1.1	Conceito de função de produção	57
5.1.2	Propriedades desejáveis da função de produção	58
5.1.3	A função de produção Cobb-Douglas	61
5.1.4	O modelo	63
5.2	Métodos de estimação da função de produção	64
5.2.1	Efeito fixos	65
5.2.2	Efeitos aleatórios	66
5.3	Teste estatístico	68
5.4	Estatísticas descritivas	68
5.5	Medidas de inovação tecnológica por setores da indústria	69
6	DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E PRODUTIVIDADE: SETORES SELECIONADOS	75
6.1	Siderurgia	77
6.2	Indústria do alumínio	83
6.3	Indústria do cimento	87
6.4	Extração de minerais metálicos	92
6.4.1	Extração de minério de ferro	95
6.4.2	Extração de bauxita	95
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	97

ANEXOS

ANEXO 1	Taxas de crescimento médio do PIB brasileiro, desagregado por setores de atividade (1985-1995)	102
ANEXO 2	Compatibilização do YTC, SIC e classificação nível 50 e 100 do IBGE	104
ANEXO 3	Tabelas PIA-IBGE	107
ANEXO 4	Resultados no Programa Eviews	115
ANEXO 5	Teste de multiplicadores de Lagrange	119
ANEXO 6	Estatísticas descritivas	123
ANEXO 7	Estimativa de funções de produção dos setores da indústria brasileira	128
ANEXO 8	Produtividade marginal dos insumos	131
ANEXO 9	Lista das fábricas cimento	134
BIBLIOGRAFIA		136

LISTA DE TABELAS

4.01	Índice do valor da produção de bens finais, para as indústrias extrativas e de transformação mineral e outras indústrias (1988-1990-1995).	45
4.02	Índice do número de empregados na produção, para as indústrias extrativas e de transformação mineral e outras indústrias (1988-1990-1995).	47
4.03	Índice do número de empregados na administração, para as indústrias extrativas e de transformação mineral e outras indústrias (1988-1990-1995).	48
4.04	Índice do valor do consumo de energia, para as indústrias extrativas e de transformação mineral e outras indústrias (1988-1990-1995).	49
4.05	Índice do valor do consumo de combustível, para as indústrias extrativas e de transformação mineral e outras indústrias (1988-1990-1995).	50
4.06	Índice do ativo real total, para as indústrias extrativas e transformação mineral e outras indústrias (1988-1990-1995).	51
4.07	Índice de pagamento de <i>royalties</i> , para as indústrias extrativas e de transformação mineral e outras indústrias (1988-1990-1995).	52
4.08	Proporção de patentes (SOU) de domiciliados no Brasil, para as indústrias extrativas e de transformação mineral e outras indústrias (1988-1990-1995).	53
4.09	Proporção de patentes (SOU) de americanos no Brasil, para as indústrias extrativas e de transformação mineral e outras indústrias (1988-1990-1995).	55
5.01	Estimativa de funções de produção para os setores da indústria brasileira.	70
5.02	Medida de inovação tecnológica – nível.	71
5.03	Medida de inovação tecnológica – evolução.	72

6.01	Siderurgia – variáveis selecionadas e produtividade média (1988-1990-1995).	81
6.02	Siderurgia – valor da produtividade marginal (1988-1990-1995).	82
6.03	Metalurgia dos não-ferrosos – variáveis selecionadas e produtividade média (1988-1990-1995).	86
6.04	Metalurgia dos não-ferrosos – valor da produtividade marginal (1988-1990-1995).	87
6.05	Cimento – variáveis selecionadas e produtividade média (1988-1990-1995).	91
6.06	Fabricação de cimento e clínquer e fabricação de peças e estruturas de cimento, concreto e fibrocimento – valor da produtividade marginal (1988-1990-1995).	92
6.07	Extração de minerais metálicos – variáveis selecionadas e produtividade média (1988-1990-1995).	94
6.08	Extração de minerais metálicos – valor da produtividade marginal (1988-1990-1995).	94

RESUMO

O estudo das mudanças tecnológicas e suas implicações no crescimento econômico têm sido objeto de estudos desde muitas décadas. O desenvolvimento econômico, tradicionalmente associado a aumento de recursos físicos, cada vez mais depende da tecnologia.

A maior dificuldade na compreensão do processo de desenvolvimento se deve à diversidade entre os países, grupos ou setores. O objetivo dessa tese, portanto, é contribuir com subsídios para se entender as causas das diferenças no crescimento entre os diversos setores da indústria brasileira, com ênfase na indústria extrativa e de transformação mineral. Será investigado até que ponto a inovação tecnológica, através da variável patente, é importante para o crescimento da indústria.

A função de produção agregada da indústria brasileira será estimada para o período de 1988 a 1995. As fontes de dados foram a PIA - Pesquisa Industrial Anual do IBGE - para os dados de produção, e o YTC - *Yale Technology Concordance* - para os dados de patentes. O YTC possibilita a compatibilização dos dados de produção por setores da indústria, que seguem a ISIC - *International Standard Industrial Classification of all Economic Activities*- com os dados de patentes, que utilizam a IPC - *International Patent Classification*.

Através da metodologia de dados em painel e, considerando as abordagens de efeitos fixos e aleatórios, foi possível calcular uma medida de variabilidade entre os setores. Essa medida possibilitou a classificação dos setores da indústria por níveis de inovação tecnológica.

Dentre as indústrias extrativas e de transformação mineral, foram classificadas como as mais inovadoras a Extrativa de Minerais Metálicos e a de Cimento, em contrapartida as indústrias pouco inovadoras como a Siderurgia e a Metalurgia dos Não-Ferrosos.

A dinâmica da inovação desses setores selecionados será analisada procurando-se destacar suas características tecnológicas e a produtividade dos fatores de produção, evidenciando-se o papel das empresas líderes no processo de modernização tecnológica.

ABSTRACT

The study of technological changes and its implications in the economic growth have been subject of study during many decades. The economic development, traditionally associated to the increase of physical resources, depends strongly on technology.

The major comprehension difficulty of the process of development is due to the diversity between countries, groups and sectors. The objective of this thesis, therefore, is to contribute to subsidies to understand the causes of difference in growth within the many sectors of Brazilian industry, emphasizing on the Extraction and Mineral Transformation industries.

The aggregate production function of the Brazilian industry will be estimated for the period of 1988 to 1995. The source of data were the PIA – Pesquisa Industrial Anual of the IBGE – for the production data, and the YTC – Yale Technology Concordance – for the patents. The YTC permits the compatibility of data of production for each sector of the industry, which follow a ISIC – International Patent Classification.

Through the methodology of data on panel and considering the fixed and random effects approaches it was possible to calculate a measurement of variety between these sectors. This measurement permitted a classification of sectors of industry by levels of technological innovation.

Between the Extraction and Mineral Transformation industries, the Extraction of Metallic Minerals and Cement industries were classified as the ones presenting greatest level of innovation, in contrast with the poor level observed in Ferrous and Non Ferrous Metallurgy.

The innovation dynamics of the selected sectors will be analyze, searching to point out their technological characteristics and the productivity factors of production, clarifying the role of leader companies in the process of modernization of technology.

1. INTRODUÇÃO

Compreender as razões pelas quais o Brasil não tem crescido nas últimas décadas é uma tarefa ampla que precisa ser estudada num contexto maior, onde cada área de conhecimento pode dar a sua contribuição.

O estudo das mudanças tecnológicas e suas implicações para o crescimento econômico tem sido objeto de análise nos países em desenvolvimento desde muitas décadas. Por outro lado, os países em desenvolvimento têm feito um grande esforço na promoção do crescimento econômico, através do exercício do poder político, nessa segunda metade do século XX.

O processo de desenvolvimento é um fenômeno político, econômico e social de grande envergadura para os países em desenvolvimento que almejam alcançar os padrões de bem estar social dos países de economia madura.

A maior dificuldade na compreensão deste processo deve-se à diversidade entre os países. Os estudiosos do crescimento econômico têm procurado compreender as razões pelas quais alguns países conseguem diminuir esta distância em relação aos países desenvolvidos, como os NIC's- *Newly Industrialized Countries*, enquanto outros países não apresentam os mesmos resultados. Por outro lado, países como os Estados Unidos têm experimentado um crescimento econômico, sustentado por muitos anos sem apresentar sinais de reversão do processo.

A importante pergunta que se faz ao se estudar o crescimento econômico é o que causa ou não a prosperidade dos diversos povos. BARRO (1997), através de um estudo empírico a respeito de diferenças entre, aproximadamente, cem países, desde o ano 1965, identificou fatores básicos que propiciaram o crescimento econômico: o alto nível de escolaridade da população, a saúde (medida pela expectativa de vida), a baixa fertilidade, o comprometimento da sociedade com as leis e os termos de comércio exterior favoráveis ao país.

Outros trabalhos empíricos importantes, como EVENSON e PRAY (1991), mostram a importância que os estudos sobre as mudanças

tecnológicas podem ter na orientação da política econômica, principalmente para os *policy makers* que tem uma visão de longo prazo.

1.1 Considerações gerais e objetivo da tese.

Analisando alguns indicadores econômicos, observa-se que o desempenho do Brasil foi um dos piores na América Latina nos últimos anos e tem-se, também, um retrato claro por que a década de 80 é chamada de perdida.

O período de 1988 a 1995, objeto de estudo dessa tese, foi marcado por crises econômicas e recessão, em todos os setores, da economia do Brasil. As taxas de crescimento médio do PIB brasileiro apresentaram uma queda devastadora entre os anos de 1990 - 1994. Essa taxa passou de 4,5%, nos anos de 1985 - 1989, para 0,8% no período de 1990-1994 e só voltou a se recuperar em 1995 (ANEXO 1).

Desagregando o PIB por setores de atividade, a taxa de crescimento médio da indústria mineral passou de 3,8% no período de 1985 - 1989, chegou a 1,9% entre 1990 - 1994 e voltou a 3,7% no ano de 1995. A indústria de transformação apresentou resultados ainda piores, com taxa de crescimento médio negativo entre 1990 - 1994 (-0,1%), chegando a 1995 com um desempenho 50% inferior ao crescimento médio do período de 1985 - 1989.

A desaceleração do crescimento econômico na década de 80 foi comandada pela indústria e refletia os desequilíbrios, tanto externos quanto internos, da economia do país. Os planos econômicos de estabilização produziram somente um represamento temporário da inflação, mas não resolveram os desequilíbrios estruturais da economia. Os Planos Cruzado e Bresser foram anteriores ao período estudado nesta tese.

Em janeiro de 1988, iniciou-se nova gestão econômica, anunciando-se a política conhecida como **feijão com arroz**, que consistiu em evitar, a curto prazo, uma explosão inflacionária, mas que não impediu o retorno da taxa de inflação ao patamar anterior ao lançamento do Plano Bresser.

A partir de outubro de 1988, a nova Constituição brasileira muito dificultou a execução de um ajuste fiscal através de um programa de estabilização, tendo em vista que 92% da receita da união passaram a estar

comprometidas com as transferências para estados, municípios, com o pagamento do funcionalismo público e outras vinculações.

A ameaça de hiperinflação, no início de 1989, trouxe o chamado Plano Verão com uma nova reforma monetária, instituindo o cruzado novo. A taxa de inflação mensal, no mês de dezembro de 1989, foi de 72% e antecedeu ao Plano Collor I, em março de 1990, que baixou a inflação para o patamar de um dígito durante os três meses seguintes. No entanto, em janeiro de 1992 a taxa de inflação já estava em 20%, quando foi lançado o Collor II. A conclusão é que os efeitos dessa sucessão de choques de estabilização se mostraram tão perversos quanto os efeitos da inflação que pretendiam eliminar.

Nova fase, na economia, se inicia após 1994, com o Plano Real que foi bem sucedido, tendo em vista seus resultados permanentes. Os anos 90 foram considerados por BAUMANN *et al* (2000) como a década das reformas no Brasil. Analisando a história econômica recente, algumas ações já tinham ocorrido neste sentido no final da década de 1980, como as primeiras privatizações e a liberação do comércio exterior, além da concepção da chamada Nova Política Industrial e Tecnológica. O período estudado, portanto, representou uma mudança de rumo na economia com reflexos em vários aspectos da vida do país.

Essa tese pretende contribuir com subsídios para entender as causas das diferenças no crescimento entre os diversos setores da indústria, no caso, a Indústria Extrativa Mineral e a Indústria de Transformação, no período de 1988 a 1995. A questão central é explicar as diferenças encontradas no desenvolvimento – entre e dentre os setores da indústria nos anos estudados.

1.2 Aspectos metodológicos

O ponto de partida dessa tese será estimar a função de produção agregada da indústria brasileira no período de 1988 a 1995. Será apresentado um método para se medir as diferenças no nível de inovação tecnológica dos setores industriais brasileiros.

A atividade de inovação tecnológica e sua contribuição para o crescimento da produção industrial será investigada através da variável patente. O aumento dessa atividade será avaliada sob o ponto de vista das

patentes licenciadas por residentes no país ou da transferência de tecnologia estrangeira, através do licenciamento de patentes americanas no Brasil.

SUSLICK (1990) utiliza dois tipos de aproximações (*proxies*): o tempo e a produtividade para quantificar o impacto da tecnologia na demanda mineral. Nessa tese, pretende-se quantificar esse impacto no crescimento da oferta na indústria brasileira, tendo a variável patente como uma aproximação (*proxy*), uma medida de inovação tecnológica.

A partir dos resultados do modelo, foram escolhidos, para uma análise mais detalhada da Indústria Extrativa e de Transformação Mineral, aqueles setores mais inovadores. Foram escolhidos os setores de Extração de Minerais Metálicos e o de Fabricação de Peças e Estrutura de Cimento.

Por outro lado, também foram analisados a Siderurgia e a Metalurgia dos Não-Ferrosos que apresentaram baixo nível de progresso técnico. Essas duas indústrias se caracterizam por serem maduras, com tecnologia já consolidada e por terem se beneficiado de elevados investimentos públicos nas décadas passadas.

A PIA- Pesquisa Industrial Anual do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística¹ foi utilizada como fonte de dados na estimação da função de produção para os anos de 1988 a 1995, considerando-se que não houve a pesquisa no ano de 1992. Os dados de patentes foram extraídos do trabalho de JOHNSON e EVENSON (1998), construídos utilizando-se a metodologia do YTC- *Yale Technology Concordance*, a partir dos dados dos anos de 1985, 1990 e 1995.

A metodologia utilizada, para estimar a função de produção foi, a de dados em painel, combinando-se dados de **corte transversal**² com os dados **temporais**³. O modelo estimado, com efeitos aleatórios, apresentou melhores resultados, com as variáveis selecionadas apresentando coeficientes bastante significativos, dentre eles o da variável patentes americanas no Brasil.

¹ No momento da elaboração da tese, tanto os dados da PIA-IBGE como os dados do YTC só estavam disponíveis até o ano de 1995.

² Ou análise "cross section" mantém-se o tempo constante e examina-se o comportamento das variáveis para cada setor industrial.

³ Ou análise "times series" examina-se o comportamento dos setores industriais ao longo do tempo.

1.3 Organização da tese

No capítulo 2, apresenta-se o referencial teórico da tese ao se definir o campo de estudo dentro da teoria do crescimento econômico, acompanhando a história e a evolução do pensamento sobre a inovação tecnológica e o seu papel como agente do desenvolvimento de longo prazo da economia.

Pretende-se, também, analisar os resultados obtidos com a utilização de patentes como indicador de inovação tecnológica, e justificar a sua aplicação nessa tese utilizando-se a argumentação desenvolvida na literatura internacional, bastante extensa, e na brasileira, relativamente escassa.

O capítulo 3 apresenta a história recente da legislação sobre tecnologia no Brasil, apontando os períodos com grandes mudanças na orientação política sobre o assunto, identificados através dos instrumentos legais adotados.

No capítulo 4, são apresentadas as fontes das informações e suas especificidades, a análise das variáveis utilizadas na estimação da função de produção e a metodologia utilizada para colocar os dados em unidades monetárias do ano base (1995), levando-se em conta as inúmeras mudanças de padrão monetário ocorridas no período estudado.

O capítulo 5 define os conceitos e as propriedades da função de produção do tipo Cobb-Douglas e apresenta a metodologia de **painel**, que é a mais adequada para a sua estimativa. Será feita a descrição dessa metodologia e serão apresentadas as estimativas e os resultados das abordagens de efeitos fixos e aleatórios. A medida de inovação tecnológica, como resultado apresentado, fará um ordenamento dos setores por nível tecnológico e dará subsídios para a análise que será feita no capítulo seguinte.

No capítulo 6, avalia-se o estágio do desenvolvimento tecnológico e da dinâmica da inovação nas indústrias extrativas e de transformação mineral, no período de 1988 a 1995, de quatro setores industriais : a Siderurgia, a Indústria do Alumínio, a Indústria do Cimento e a Extração de Minerais Metálicos. Eles serão analisados do ponto de vista das suas características tecnológicas e a produtividade dos seus fatores de produção, evidenciando-se as empresas líderes de cada segmento.

2. O REFERENCIAL TEÓRICO: TEORIA DO CRESCIMENTO ECONÔMICO, INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E SEUS INDICADORES.

Nesse capítulo, pretende-se estudar, na primeira parte, a evolução do pensamento a respeito de crescimento econômico, desde a origem agrária da teoria dos fisiocratas até as atuais. A inovação tecnológica, como motor do desenvolvimento, é o que diferencia, basicamente, a teoria clássica da neoclássica e abre novos caminhos para a teoria do crescimento econômico.

Na segunda parte, as estatísticas sobre patentes são apresentadas como indicadores de inovação tecnológica. A extensa literatura, através dos estudos empíricos analisados, comprova sua importância para o estudo do desenvolvimento econômico.

2.1 Crescimento Econômico e Inovação Tecnológica

Países de economia madura entraram na chamada **época do crescimento moderno**⁴, no fim do século XVIII, com uma nova forma de organização econômica. Essa organização, conhecida como Revolução Industrial, se projetou da Inglaterra para o Continente Europeu e para a América do Norte ainda no século XIX, tendo chegado na Alemanha por volta de 1860 e ao Japão entre 1880 e 1920. Os países em desenvolvimento tiveram um longo período de transição entre as épocas do mercantilismo agrário e do crescimento moderno, que foi o colonialismo que, dependendo do país, começou no início do século XIX e terminou alguns anos após a II Grande Guerra.

A evolução do pensamento sobre crescimento econômico remonta aos fisiocratas que, com seu *tableau economique*, iniciaram a abordagem quantitativa do sistema econômico no qual descreviam as principais linhas de operação da economia como um processo contínuo no tempo. O sistema fisiocrata abordava quase todas as variáveis agregadas que ajudam a compreender o fenômeno de desenvolvimento econômico como produção, consumo, distribuição de renda, alocação de insumos e produtos e até mesmo

⁴ Época do crescimento moderno representa a era na qual a força primária de promoção do crescimento é a exploração sistemática das fronteiras da ciência e tecnologia e a sistemática aplicação do conhecimento à produção industrial (Fei, Ranis, 1997).

a troca de produtos da agricultura por produtos não agrícolas no mercado intersetorial e a existência de um excedente agrícola (BARBER, 1971). Estes fluxos agregados se relacionavam em um sistema que, dentro das devidas proporções, se assemelha ao moderno Sistema de Contabilidade Nacional.

Basicamente, o que os pensadores fisiocratas apresentaram era a primazia da produção agrícola e do excedente agrícola sobre as demais atividades. Estas atividades, fora da agricultura, como indústria artesanal, comércio e serviços, eram chamadas de atividades não produtivas. Os fisiocratas representam o pensamento do mercantilismo agrário.

A revolução industrial na Inglaterra, entre 1789 e 1820, constituiu um período de transição no crescimento econômico, de mudança de sistema econômico - no caso, do mercantilismo agrário para a época do crescimento moderno - e que, apesar de transitório teve uma longa duração. Foi neste período que nasceu a teoria clássica do crescimento com Adam Smith, Malthus e David Ricardo.

Os escritores clássicos viveram num período em que a Inglaterra já estava engajada no processo de transição. Sua principal contribuição foi a de construir os fundamentos da teoria econômica e destacar a economia como uma nova área de conhecimento científico. Apesar do enfoque analítico estar ligado basicamente ao setor agrícola, a escola clássica reconheceu a importância da atividade industrial.

A maior contribuição da escola clássica permaneceu na teoria da distribuição de renda, baseada na análise que o mercado maximiza lucros. As condições de produção prevaleciam, como no setor agrícola, baseadas na combinação de trabalho, capital e terra e sujeitas à lei dos retornos decrescentes do fator terra, onde a remuneração da produção, sob a condição de competição perfeita, seria feita pela contribuição do insumo no acréscimo da produção, ou seja, pela produtividade marginal do fator de produção.

Adam Smith se diferenciou do pessimismo clássico ao detectar que retornos crescentes nos setores não agrícolas poderiam se sobrepor aos retornos decrescentes na agricultura.

Basicamente, a previsão de exaustão da acumulação de capital e estagnação de longo prazo do crescimento econômico, feita pelos economistas clássicos, se devia a incapacidade de se detectar, naquela época, as possibilidades ilimitadas e o potencial do avanço tecnológico que se apresentaria com a chegada da chamada época do crescimento moderno, que alterou as limitações traçadas pela lei dos rendimentos decrescente. Como, por exemplo, a teoria do crescimento populacional de Malthus, que além de não levar em conta a interação entre as atividades agrícolas e não agrícolas, não considerou, também, as possibilidades das mudanças tecnológicas e seus efeitos.

A combinação entre a lei dos rendimentos decrescentes e a mudança tecnológica representa o ponto de partida da teoria do crescimento, apresentando a diferença básica entre os **velhos clássicos** e os **neoclássicos**. (FEI e RANIS, 1997).

A contribuição de Marx para a moderna teoria do crescimento econômico, foi de ser o primeiro a dar um tratamento formal à acumulação de capital fixo como base central do crescimento econômico. No entanto, aceitou do pensamento clássico a teoria do valor trabalho, assim como o pessimismo em relação as perspectivas da acumulação de capital.

A discussão sobre Marx não pode ser completa sem uma referência à dimensão política da sua obra (FEI e RANIS, 1997). A teoria sobre o inevitável declínio do capitalismo afetou milhares de pessoas no século XX, tendo em vista que previu corretamente a chegada da época do crescimento moderno, onde as regras de distribuição da riqueza se caracterizariam pelos retornos da acumulação de capital e agravariam os problemas de distribuição da riqueza (BARBER, 1971). Além de manter a hipótese da teoria clássica da imobilidade entre as classes, Marx também não levou em conta os efeitos da mudança tecnológica no trabalho.

O pensamento sobre o crescimento econômico teve continuidade com Schumpeter, cerca de um século após Marx, que escreveu sua obra no início da época do crescimento moderno nos países de economia madura, enquanto a obra de Schumpeter se situa em meados do século atual.

A contribuição fundamental de Schumpeter se relacionava ao impacto que a mudança tecnológica teria no processo de desenvolvimento. Ele mostrou a diferença entre a invenção⁵, que é o resultado da pesquisa científica, e inovação, que é a aplicação das invenções no processo produtivo industrial. Apesar de reconhecer a importância de se manter constante o fluxo de invenções, que foi grande no período que antecedeu a sua obra, Schumpeter deu importância à inovação e à aplicação das descobertas científicas, visando o aumento do estoque de capital.

O conceito de **estado de crescimento imaginário**, conhecido na literatura como **estado Schumpeteriano**, se caracterizava por uma tecnologia estacionária, no qual o crescimento populacional e a acumulação de capital, através de investimentos, acontecia em taxas que preservavam a proporcionalidade entre os fatores de produção (capital, trabalho e terra). Tratava-se de um crescimento em que a economia se desenvolvia sem mudanças na sua composição estrutural. Apesar de ser uma construção fictícia, era um instrumento útil para observar as mudanças estruturais advindas de inovações em relação ao estado estacionário.

Para Schumpeter, a instabilidade da acumulação de capital nas sociedades de economia madura se devia ao fato de que, apesar das descobertas de novas tecnologias acontecerem de maneira continuada no tempo, as inovações tendiam a ocorrer concentradas em determinados períodos, trazendo mudanças estruturais rápidas que destruíam o equilíbrio anterior e que levavam a um novo **estado Schumpeteriano**, em nível mais alto de renda *per capita*.

Após um longo período fora do foco de estudos dos economistas, mas tendo como referência Marx e Schumpeter, a teoria do crescimento econômico voltou a ser objeto de estudos a partir do anos 50. As idéias dos economistas clássicos, que foram revisitadas e desenvolvidas, podem ser divididas em duas categorias: aquelas aplicadas aos países desenvolvidos e as teorias especialmente desenvolvidas para os países em desenvolvimento.

5 A definição de invenção e inovação usada nesta tese segue o pensamento de Schumpeter .

Os países desenvolvidos, tendo ainda a lembrança da Grande Depressão, se preocupavam com a estabilização econômica de curto prazo. O modelo de crescimento de Harrod-Domar trouxe de volta a tese dos clássicos de estagnação de longo prazo da economia, através do questionamento sobre a permanência da instabilidade de longo prazo e sua relação com o desemprego. Este modelo enfocava os impactos da acumulação de capital e da mudança tecnológica na taxa de lucro. O argumento teórico principal da estagnação de longo prazo, observado nas economias maduras, se situava no declínio inevitável da taxa de lucro ao longo do processo de acumulação de capital.

Por outro lado, os países em desenvolvimento se preocupavam com o secular problema de alcançar os países desenvolvidos, e na grande maioria dos casos, optaram em adotar políticas de promoção de crescimento. Como a chamada **escola do planejamento econômico** surgida logo após a II Grande Guerra, que se tornou muito popular nos países recém saídos do colonialismo, que acreditavam que o rápido crescimento, via industrialização, poderia ser promovido através da ação política.

A grande maioria dos países, mesmo aqueles não socialistas, organizaram sistemas de intervenções detalhadas na economia, através da formulação de planos, como os quinquenais, com o objetivo de promover a industrialização. Estes planos tiveram o propósito de guiar a ação política e conseguir ajuda financeira externa.

Apesar do objetivo inicial do modelo Harrod-Domar ter sido o de explicar os ciclos econômicos, ele foi a base para os modelos de crescimento, não só nos países desenvolvidos como também nos países em desenvolvimento. A aplicabilidade deste modelo se devia ao seu poder de previsão, utilizando modelos quantitativos dinâmicos nos quais os parâmetros podiam ser estimados.

No entanto, países seguidores das políticas da escola de planejamento econômico, ao adotarem previsões e metas quantitativas, não levaram em conta choques e mudanças estruturais da economia que inviabilizaram a grande maioria dos planos governamentais.

Os seguidores do modelo Harrod-Domar se preocuparam mais com o planejamento para mudança política, procurando harmonizar a política micro econômica com a macro, com o objetivo final de promover o desenvolvimento.

Nos anos 80, a teoria do crescimento despertou uma nova onda de interesse ao constatar, através de modelos, que a taxa de crescimento de longo prazo poderia ser determinada por investimentos em P&D e em capital humano e que as políticas governamentais teriam que levar em conta estas variáveis.

A linha de pensamento que considera o progresso tecnológico um processo endógeno, explica a possibilidade do crescimento de longo prazo por causa dos retornos de investimentos em bens de capital, que inclui o capital humano e que não necessariamente diminui, conforme a lei dos rendimentos decrescentes, quando as economias param de crescer.

A grande maioria dos modelos de crescimento endógeno foi construída levando em conta a inovação e a imitação. O crescimento econômico seria o resultado dos avanços no conhecimento aplicado, ou seja, nas inovações e os resultados seriam disseminados através da imitação. A maior contribuição da teoria do crescimento endógeno foi introduzir o rigor metodológico na análise do avanço tecnológico de longo prazo.

O modelo desenvolvido por Robert Solow, dentro da linha neoclássica, recebeu o Prêmio Nobel de 1986 pela sua contribuição à teoria do desenvolvimento através do trabalho **A Contribution to the Theory of Economic Growth**. O trabalho empírico de Solow, que procurou medir e quantificar os efeitos da mudança tecnológica no crescimento econômico, deu origem a inúmeros outros trabalhos na área.

Segundo Solow, mais de 50% do crescimento do produto dos Estados Unidos, no período 1874 e 1975, pode ser atribuído ao progresso tecnológico, enquanto o restante se deveu a acumulação de capital. Uma das premissas básicas do modelo é que a tecnologia é exógena ou seja, que a tecnologia disponível é de livre acesso a todas as firmas e que as mesmas oportunidades tecnológicas estão disponíveis em todos os países do mundo.

A acumulação de capital está sujeita a retornos decrescentes, quando se considera uma função de produção que leva em conta somente os fatores de produção: trabalho e capital; no entanto, considerando também a inovação, o retorno do capital pode ser crescente.

Os seguidores de Solow, como Lucas, e Mankiw, incorporaram o capital humano ao modelo, reconhecendo que o fator trabalho se diferenciava em níveis de habilidade e de educação nas diversas economias. O progresso técnico, fruto da procura de novas idéias por pesquisadores interessados em auferir rendimentos com suas invenções (patentes), foi considerado como elemento endógeno ao modelo por Romer .

Os dados de longo prazo indicam, em muitos países, que as taxas de crescimento *per capita* podem persistir por mais de um século e que esta tendência de crescimento pode se manter por muito mais tempo. Considerando, portanto, o longo prazo, o crescimento deve sempre ser considerado endógeno, tendo em vista que indivíduos trabalham sempre na procura de idéias novas e mais produtivas.

O modelo desenvolvido nessa tese usa o instrumental da teoria neoclássica, iniciada com o estudo de Solow, e pretende compreender as causas das diferenças no crescimento econômico dos diversos setores industriais brasileiros, tentando incorporar a perspectiva de longo prazo ao analisar e utilizar a variável patente como um indicador de inovação tecnológica e ao estudar a sua dinâmica nas indústrias extrativa e de transformação mineral, dando uma dimensão endógena à mudança tecnológica.

2.2 Indicadores de Inovação Tecnológica

Por muitos anos os dados, as informações e as estatísticas sobre patentes têm fascinado economistas (GRILICHES,1990). Existe uma extensa literatura econômica em que conceituados autores utilizam as estatísticas de patentes como medida de grau de inventividade.

Essa medida do grau de inventividade é utilizada para responder a várias questões importantes, tais como, o crescimento econômico, a mudança

tecnológica, a posição de competitividade entre as firmas e os países e o dinamismo das estruturas industriais.

A palavra patente é a tradução literal de *Litterae patentes*, documento oficial pelo qual determinados privilégios, direitos ou títulos são conferidos ao portador que tem assegurado pelo Estado o direito exclusivo de propriedade e de utilização da invenção, equipamento ou processo, por um período de tempo determinado, em troca de sua divulgação.

A carta patente⁶ é concedida ao inventor após ser examinada do ponto de vista da novidade e da utilização potencial. Para poder obter o privilégio de patente, a invenção tem que apresentar um avanço no estado da técnica.

O sistema de patentes é um complexo conjunto formado pelos acordos internacionais, legislações nacionais e práticas de direito consuetudinário. Tem como objetivo estimular as invenções, encorajando a criatividade e o progresso técnico, através de monopólio temporário concedido ao inventor, impedindo que terceiros utilizem a invenção, sem o consentimento do titular.

Segundo FROTA (1993):

“Esse sistema traduz-se no direito de o inventor apropriar-se com exclusividade do bem tangível resultante de sua criação, da mesma forma como é reconhecido o direito exclusivo de propriedade sobre um bem tangível ou material”.

A patente é um dado disponível em um grande número de países, apesar das dificuldades na sua utilização e interpretação. Existem princípios gerais mundiais e normas específicas nacionais quanto aos sistemas de patentes mas, no entanto, o processo de decisão sobre a patenteabilidade de uma invenção varia entre os países.

Entre os diversos sistemas existentes, o Brasil adota o de exame. A patente é concedida depois que o órgão responsável, o INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial faz uma rigorosa análise.

⁶ Uma carta patente contém informações gerais como nome e endereço do inventor, pessoa física ou jurídica, cita o número de patentes e os trabalhos científicos relacionados com ela e descreve, de maneira bastante completa, a invenção que a motivou.

Considerando, portanto, as diferenças entre os procedimentos adotados pelos órgãos que concedem patentes nos diversos países, existem variações, principalmente, em relação à qualidade das patentes entre os países e, muitas vezes, entre períodos num mesmo país.

Para GRILICHES (1990), além da diferença de qualidade, que seria a principal dificuldade para a utilização dos dados de patentes em análises econômicas, existe um outro problema adicional porque nem toda a inovação é patenteada.

Ainda as patentes diferem entre si pelo seu significado técnico e econômico, pois muitas mostram pequenos avanços tecnológicos, com escasso valor econômico, enquanto poucas são extremamente valiosas.

Outra dificuldade, para a análise econômica dos dados sobre patentes, decorre da natureza técnica da sua classificação: as mesmas são classificadas por tipo de tecnologia de acordo com a IPC - *International Patent Classification* - o que impossibilita a alocação direta das mesmas por indústria ou grupo de produtos.

Diversos trabalhos, desde Schmookler⁷, procuraram compatibilizar o sistema de classificação do IPC, que é baseado em uma tipologia tecnológica e funcional, com as classificações dos ramos industriais e de produtos, objeto principal de estudos dos economistas. Esse autor foi o primeiro a utilizar as estatísticas de patentes como indicador da inovação, ao explicar o crescimento agregado da economia norte-americana, através do aumento da eficiência econômica.

Nos anos 70, a experiência do *Patent Office* dos Estados Unidos, que criou um departamento de pesquisa, a OTAF - *Office of Technology Assessment and Forecast* - com o objetivo de produzir estatísticas sobre patentes e de desenvolver uma metodologia para compatibilizar a IPC com a SIC - *Standard Industrial Classification*⁸- evidenciou a dificuldade na classificação direta da patente por indústria, que entre outros problemas, resultava em dupla contagem.

⁷ Em 1966, esse autor no seu principal trabalho, relacionou minuciosamente as patentes de bens de capital com as indústrias afins, classificando-as para cada indústria. GRILICHES (1990).

⁸ É a classificação internacional utilizada pelos Censos Nacionais e pelas estatísticas industriais de cada país.

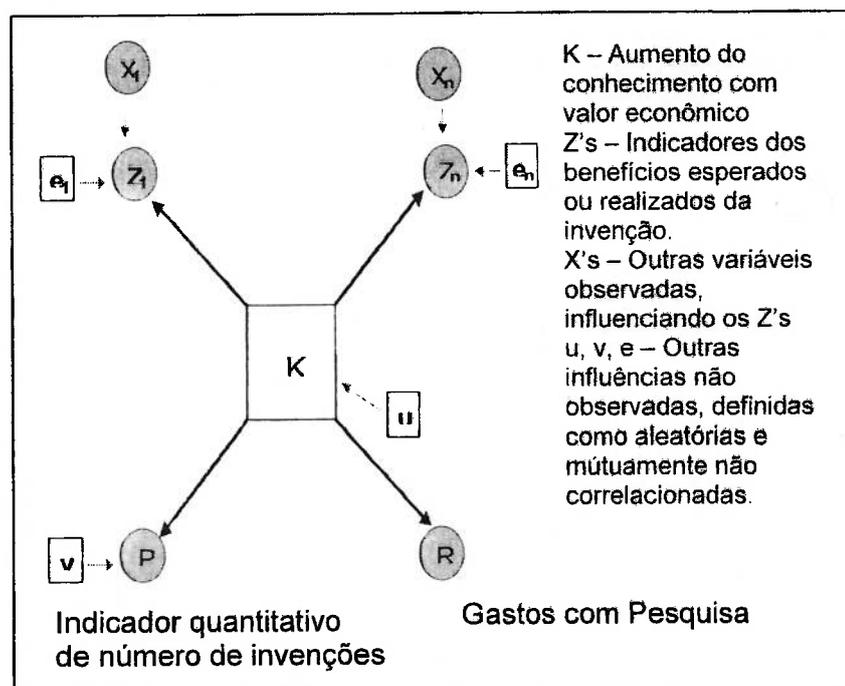
Uma abordagem alternativa, iniciada por SCHERER (1984), coletou e totalizou as patentes utilizadas em cada empresa e depois agrupou-as por indústrias. Essa classificação por origem é útil para uma análise da firma, que relacione patentes com os custos e benefícios dos investimentos em P&D. No entanto, na análise entre as diferentes indústrias, não leva em conta os impactos que uma particular patente pode ter além dos limites de sua indústria de origem.

A relação entre atividade inovadora e patente tem sido estudada, tanto através de formulações teóricas, quanto de estudos empíricos.

Os trabalhos empíricos, aqui analisados, podem ser melhor entendidos através do modelo de função de produção do conhecimento proposto por GRILICHES (1990), apresentado na figura a seguir.

Essa figura mostra a relação entre as duas variáveis: o indicador quantitativo de número de invenções e os gastos com pesquisas, e os resultados esperados da inovação tecnológica como, por exemplo, o crescimento econômico, facilitando a compreensão de parte importante das discussões e dos trabalhos dessa área de estudos, apesar do grande número de simplificações.

Figura 1: Função de produção do conhecimento



Fonte: Pakes; Griliches, (1984) *apud* Griliches, 1990.

Na função de produção do conhecimento, K é a variável não observada que se deseja medir e representa o novo conhecimento aplicado ao processo produtivo, ou seja, uma medida de inovação⁹. Tendo em vista que K é estocástica, o termo u pode refletir mudanças de eficiência e impactos de outras variáveis não medidas pelo modelo.

P é um indicador quantitativo do número de invenções e por ser um indicador não observável diretamente, na maioria dos trabalhos se utiliza a variável Patente, existindo um erro associado que é representado na figura pelo termo v . Por outro lado, a variável R mede os recursos investidos em atividade inventiva, usualmente gastos com P&D ou o número de cientistas/pesquisadores diretamente ligados à produção de K e é considerado um insumo (medida de *input*) para a inovação.

As variáveis que se pretende explicar, ou seja, o produto da inovação (medida de *output*) como crescimento de produtividade ou outras medidas de crescimento econômico são representados no diagrama como Z 's.

Como alguns trabalhos que serão apresentados a seguir, esta tese também utiliza os dados sobre patentes, para o Brasil, estimados através do YTC.

2.2.1 A Abordagem do YTC.

KORTUM e PUTNAM (1997) descreveram a metodologia do YTC que através de um modelo, faz a ligação entre a IPC e a SIC. Esse modelo utiliza o conjunto de dados do CPO - *Canadian Patent Office* - que classifica cada patente por setor industrial.

Os autores desenvolveram um modelo probabilístico e realizaram vários testes com os dados estimados e os dados observados, concluindo que as estimativas de patentes por indústrias se aproximavam dos dados observados nos Estados Unidos.

Após 1989, para o conjunto de dados de patentes, o erro previsto foi maior, sugerindo que as relações entre a tecnologia e os setores industriais se alteraram de forma não capturada pelo modelo. No entanto, o erro do modelo

⁹ No sentido dado por Schumpeter.

estimado através do YTC foi menor do que o de previsões baseadas em proporções constantes das patentes por indústrias.

EVENSON e JOHNSON (1997) desenvolveram uma matriz insumo-produto de invenções, utilizando a metodologia do YTC, que identifica as indústrias que produzem patentes IOM (*industry of manufacture*), e as indústrias que utilizam as patentes SOU (*sector of use*). Discute-se, também, que os coeficientes da matriz são de grande valia e que podem ser considerados como medidas de P&D, indicando a transferência (*spill in*) de invenções de um setor para outro.

O trabalho de JOHNSON e EVENSON (1997) analisou a inovação e a invenção no Canadá. Os dados da pesquisa sobre a inovação obtidos através de questionários enviados a empresas, são comparados com dados de invenção, representados pelas patentes. Esses dois conjuntos de dados são apresentados em tabelas insumo-produto.

Os autores descreveram e compararam o fluxo intersetorial de tecnologia da indústria que produziu a patente (IOM) para o setor que a utilizou (SOU) e apresentaram as correlações obtidas entre a inovação, a invenção e a P&D.

Esse trabalho, além de apontar as diferenças entre os dois conjuntos de dados, conclui que pesquisas, utilizando questionários diretos sobre inovações, apesar de trazerem mais informações, são muito mais dispendiosas e que os dados sobre patentes, utilizando a metodologia YTC, constituem-se em uma aproximação (*proxy*) confiável para avaliar a inovação tecnológica.

JOHNSON e EVENSON (1998) apresentaram, com base no YTC, dados de patentes, subdivididos em modelos de invenção e modelos de utilidade¹⁰, para nove países não-desenvolvidos, sete países em vias de desenvolvimento e doze países desenvolvidos. Devido à diversidade entre estes grupos de países, os investimentos e ações políticas com o objetivo de melhorar o acesso à tecnologia também diferem de maneira substancial. Esse trabalho descreve e

¹⁰ É uma melhoria, uma adaptação ou, uma nova forma introduzida em objetos como ferramentas, instrumentos de trabalho ou utensílios, não se exige o critério de novidade como no modelo de invenção.

identifica diferentes níveis dos países, através das diferenças na infra-estrutura tecnológica.

Conclui que a possibilidade de se obter e usar tecnologia moderna sem ter que desenvolvê-la, pode significar crescimento mais rápido¹¹ para os países em desenvolvimento. No entanto, para atingirem um estágio mais elevado de desenvolvimento, requer-se um investimento substancial em P&D.

O trabalho de KELLER (1997) difere nas conclusões dos apresentados anteriormente, pois afirma que os resultados baseados no YTC não são basicamente diferentes de outras estimativas e não se têm evidências que a matriz de YTC captura, apropriadamente, o fluxo de tecnologia entre indústrias.

2.2.2 Outras abordagens.

A literatura é bastante extensa e alguns trabalhos, que não utilizam a metodologia de Yale, também foram analisados como o de HAUSMAN *et al* (1984), cujo modelo analisa a relação entre as patentes e os gastos com P&D e utiliza a metodologia de dados em painel (a mesma utilizada nesta tese), separando efeitos fixos de efeitos aleatórios. Os dados sobre os gastos com P&D são de uma amostra de 128 firmas e os dados de patentes são da *US Patent Office* para o período de 1968-1974.

GRILICHES e MAIRESSE (1984) usam a abordagem da função de produção para analisar o impacto dos gastos acumulados com P&D na produção de mais de 100 grandes empresas americanas, separadas em dois grandes grupos: as indústrias científicas (química, farmacêutica, computação, eletrônica e de instrumentos) e as demais indústrias, para um período de 20 anos. Os autores utilizam a variável total das vendas para indicar o nível da produção das indústrias.

A presente tese segue a mesma abordagem, mas utiliza a variável valor adicionado ou valor da produção de bens finais¹² como indicador de produção, tal como no trabalho de CUNEO e MAIRESSE (1984).

¹¹ Trata-se de Convergência ou fenômeno do "catch up" em que países em desenvolvimento tem a possibilidade de queimar etapas adotando novas tecnologias.

¹² Valor adicionado ou valor da produção de bens finais é o valor que foi adicionado ao produto a cada etapa da cadeia produtiva.

Os resultados apresentados, tanto na tese quanto no trabalho de CUENO e MAIRESSE, foram mais significativos do que os do de GRILICHES e MAIRESSE.

Uma questão importante para a análise dos indicadores de inovação tecnológica é a relação entre os gastos com P&D e o número de patentes registradas ao longo do tempo.

Conforme KORTUM (1993), constata-se que a taxa patente/P&D, nos Estados Unidos, vem declinando nas últimas três décadas. O autor apresenta três hipóteses para este fato: a primeira argumenta que a exaustão das oportunidades tecnológicas tem reduzido a produtividade do setor de pesquisa, a segunda sugere que a expansão de mercados aumentou o volume de patentes e que a competição no setor de pesquisa resultou em maiores gastos em P&D por patente e a última aponta que o aumento do custo do sistema de patentes leva os pesquisadores a patentear um menor número de suas invenções. Este trabalho defende a terceira hipótese, constatando que a propensão para patentear vem diminuindo progressivamente.

O trabalho de Evenson em *Patents, R&D and Invention Potential* confirma esta conclusão, quando conclui que o percentual entre o número de patentes e os gastos reais em P&D (ou o número de cientistas e engenheiros engajados em P&D) tem declinado nos Estados Unidos. Este trabalho propõe algumas novas evidências para a explicação dessa questão através da demanda por inovação.

No caso em que o indicador de inovação, que mede recursos investidos na atividade inventiva (R), seja o número de cientistas pesquisadores diretamente ligados à produção de K , o trabalho de ADAMS (1993) mostra que, nos Estados Unidos, a relação entre P&D industrial e ciência acadêmica aumentou no período de 1961 a 1968, sofrendo uma queda no final dos anos 70 mas voltando a se recuperar a partir de então.

As estatísticas do NSF - *National Science Foundation* - mostram o rápido crescimento do emprego científico na indústria. Os dados foram trabalhados, em **painel**, para indústrias que desenvolveram P&D. Além do

número de cientistas, utilizaram-se dados sobre as publicações científicas, para testar a relação entre ciência e P&D.

2.2.3 Países em desenvolvimento: a abordagem do YTC e outras.

A literatura internacional e os estudos desenvolvidos para as economias mais avançadas apresentam basicamente dois indicadores para o processo de inovar: (1) o número de invenções patenteadas, como resultado do progresso técnico, (2) o gasto com P&D ou número de pessoas envolvidas em atividade de P&D como medida de fonte (*input*) do progresso técnico.

Por outro lado, nos estudos aplicados às economias em desenvolvimento, os indicadores de desempenho tecnológico geralmente levam em conta a absorção de conhecimento técnico-científico, introduzido nos produtos e processos industriais desenvolvidos em outros países.

O desenvolvimento tecnológico pode ser promovido tanto através dos investimentos diretos estrangeiros, como pela absorção de tecnologia embutida em máquinas e equipamentos importados.

As cópias e as adaptações da tecnologia estrangeira são tão importantes, quanto à geração de inovações, o que faz com que as estatísticas sobre a transferência de tecnologia sejam considerados como importantes indicadores de inovação tecnológica.

Pode-se, portanto, no caso do Brasil, considerar as estatísticas sobre os contratos de Licenciamento da Transferência de Tecnologia como um indicador do progresso técnico.

Uma questão a ser abordada nesta tese é a relação entre o desenvolvimento da tecnologia nacional e a obtenção de tecnologia estrangeira, através das variáveis: patentes de domiciliados no Brasil e patentes de outros países licenciadas no país. Pode-se considerar essas últimas como parte de um pacote de compra de tecnologia no exterior e portanto um indicador de transferência de tecnologia.

Diversos estudos sobre a Índia, como o de KATRAK (1985), de SIDDHARTHAN (1988) e de DEOLALIKAR e EVENSON (1988), concluíram

que existe uma relação de complementaridade entre P&D e compra de tecnologia estrangeira, ou seja, a compra de tecnologia estrangeira influencia positivamente o desenvolvimento de P&D doméstico. Os trabalhos de Katrak e Siddharthan sugerem que o tamanho da empresa¹³ também é um fator importante na decisão entre a compra de tecnologia ou o desenvolvimento de P&D.

O estudo de Deolalikar e Evenson, considerando que o estoque de capital fixo e a produção indicam o tamanho da firma, conclui que o nível de patentes domésticas diminui em relação à produção nas indústrias químicas e, também, em relação ao estoque de capital fixo nas indústrias de engenharia.

Os resultados indicam que a intensidade de patentear (patente/grupos de empresas classificadas por tamanho) declina mais na indústria química, seguida nas de engenharias e, em seguida, nas indústrias consideradas leves (têxtil, madeira, etc).

Este trabalho estuda os determinantes da atividade inventiva na indústria indiana, estimando a demanda por atividade inventiva, em um sistema de demanda por fatores de produção e conclui, como outros autores, que a absorção de tecnologia estrangeira estimula a atividade inventiva local.

Katrak mostra que o reconhecimento, por alguns países em desenvolvimento, que o progresso técnico pode melhorar o desempenho da economia, fez com que esses países seguissem a estratégia chamada de IAT - *Import and Adapt Technology* - que consiste em importar a tecnologia e depois adaptá-la. Este trabalho faz uma análise empírica da Índia sobre a questão IAT.

O autor encontrou uma relação complementar entre P&D e tecnologia importada, ou seja, a tecnologia externa incentivou o P&D doméstico. Os resultados indicam que a tecnologia importada estimula P&D, mas o estímulo é bastante limitado e mais fraco para as indústrias com tecnologia mais complexas.

¹³ Diversos estudos, com diferentes abordagens tem testado a hipótese de Schumpeter de que firmas grandes são responsáveis por uma maior atividade inventiva. No entanto, existem evidências que não necessariamente uma firma grande possui as características necessárias para promover um nível elevado de P&D.

O estudo sugere que o tamanho da firma é um fator importante na análise, tendo em vista que, apesar de gastos com P&D aumentarem com o tamanho da firma, empresas grandes promovem, proporcionalmente, menos P&D do que empresas menores.

O objetivo do trabalho de Siddharta é examinar a relação entre os gastos com a tecnologia nacional e os gastos com a compra de tecnologia estrangeira. Diferente dos anteriores, que trabalharam com dados agregados para diferentes setores industriais, analisa dados para firmas selecionadas. A amostra é de 166 firmas, divididas entre empresas públicas e privadas nos setores de indústria química, eletrônica, máquinas e equipamentos, automóveis e têxtil.

Conclui-se que a relação entre importação de tecnologia e gastos domésticos em P&D é basicamente complementar para as firmas do setor privado. A relação de complementaridade é mais forte no caso das indústrias que importam menos tecnologia.

Nas empresas pequenas, os gastos em P&D aumentam mais devagar do que o crescimento da empresa, mas, para as grandes, o crescimento de P&D é mais rápido do que o crescimento da empresa. A razão disso é que as empresas grandes e pequenas não desenvolvem o mesmo tipo de P&D.

FIKKERT (1997) afirma que, apesar do crescente interesse dos economistas pelas regras internacionais de transferência de tecnologia entre os países, estudos empíricos têm sido prejudicados por problemas de mensuração.

Este trabalho revê recentes tentativas de resolver dois destes problemas. Primeiramente, existem diferentes graus de transferência de tecnologia de uma região para outra. A metodologia do YTC possibilitou a construção de índices de relevância¹⁴ de tecnologia estrangeira para a Índia. Segundo, a tecnologia pode ser transferida, embutida ou não, em máquinas e equipamentos. Também neste caso, a metodologia YTC possibilitou identificar

¹⁴ O índice de relevância mede o grau de importância da transferência de um país para outro. As inovações nos equipamentos agrícolas dos EUA são mais relevantes para a Índia do que as inovações dos mesmos feitos no Japão, dado que existe mais similaridade na agricultura entre os dois primeiros países.

e agrupar as tecnologias pelos países de origem das importações de máquinas e equipamentos.

São poucos os trabalhos feitos no Brasil, utilizando estatísticas de patentes como um indicador de inovação tecnológica e serão apresentados a seguir.

A tese de doutorado de MATESCO (1993) estudou e avaliou as empresas brasileiras que realizam atividades tecnológicas (gastos com P&D, patentes e contratos de transferência de tecnologia) com os dados do Censo Econômico de 1985 do IBGE, utilizando as variáveis vendas e volume de gastos em tecnologia em diferentes ramos industriais.

O estudo identifica e analisa o perfil e as principais características das empresas inovadoras face às não inovadoras, avalia o desempenho tecnológico das empresas do país em relação ao de outros países, constata e mostra as diferenças no comportamento estratégico e os resultados dele decorrentes entre as empresas inovadoras e não inovadoras.

Conclui que, além do baixo volume de gastos em tecnologia pela indústria, os dispêndios concentram-se em um número reduzido de empresas e setores industriais e que são, basicamente, os setores produtores de bens mais intensivos em matérias-primas de menor conteúdo tecnológico e de menor valor adicionado.

Os trabalhos de ALBUQUERQUE e MACEDO (1995) e (1996) usam dados sobre as patentes no país para avaliar os resultados dos gastos em P&D, tendo como base um levantamento sobre as patentes de invenção concedidas pelo INPI a residentes no país.

No primeiro trabalho, a análise dos dados e as estatísticas sobre o número de patentes e gastos em P&D sustentam a hipótese de ineficiência do SBCT-. Sistema Brasileiro de Ciência e Tecnologia. O trabalho evidencia o potencial dos dados do INPI, considerando serem, até então, inexplorados.

O segundo trabalho acrescenta aos dados do INPI sobre patentes concedidas a residentes no Brasil, os dados do USPT- *United States Patents and Trade Office*. A diferença entre grupos, considerando as duas fontes de dados, se deve ao fato que as patentes registradas no USPTO pertencem a

empresas com maior capacitação tecnológica e maior propensão para patentear. O resultado estatístico do trabalho revela uma correlação forte entre os gastos em P&D e atividade inventiva (patentes) nos diferentes setores da indústria.

E, finalmente, a tese de doutoramento na Universidade de Yale de JOHNSON (1997) investiga aspectos da mudança tecnológica no Brasil, através de três modelos distintos, aplicados ao mesmo banco de dados.

O objeto do seu estudo são as opções entre licenciamento de tecnologia estrangeira e o desenvolvimento de tecnologia doméstica através de P&D.

Os resultados do primeiro modelo revelam que existe uma relação de substituição entre licenciamento de tecnologia estrangeira e P&D para as firmas pequenas, ou seja, ela investe em P&D ou licencia tecnologia estrangeira. No caso de firmas médias e grandes, no entanto, existe uma relação de complementaridade, pois a adoção de tecnologia estrangeira estimula o P&D doméstico.

O segundo modelo indica que a interação entre o P&D desenvolvido atualmente na empresa, o licenciamento de tecnologia feito no passado (um intervalo de tempo para indicar o tempo necessário para absorção do conhecimento) e o tamanho da empresa são os principais fatores para o sucesso da inovação.

No terceiro modelo, a demanda agregada por tecnologia indica que a transferência de tecnologia em forma de melhorias nos processos, na gestão e embutidos nos equipamentos importados são fatores importantes na demanda por novos contratos de licenciamento.

Essa tese, seguindo essa linha de estudos, é uma contribuição para a melhor compreensão do efeito da inovação tecnológica, através da medida (SOU) de patentes de domiciliados brasileiros e de patentes americanas no Brasil, no processo produtivo brasileiro.

3. HISTÓRIA RECENTE DA LEGISLAÇÃO SOBRE TECNOLOGIA

Nas últimas quatro décadas, a legislação sobre tecnologia no Brasil divide-se em três fases distintas: a primeira, pré 1988, caracterizada por uma regulamentação muito rígida dos contratos de transferência de tecnologia estrangeira, o breve período entre 1988 e 1990, quando se quebraram alguns pilares da regulamentação anterior e a última, o período pós 1990, quando as agências governamentais se propuseram a incentivar o desenvolvimento tecnológico, através do aumento do fluxo de tecnologia entre empresas e regiões.

As alterações na política tecnológica refletem o processo de profunda transformação na regulamentação e nas instituições iniciadas pela economia brasileira desde o começo da década de 1990.

3.1 Fase pré 1988

A partir da edição da lei 4.131/62, que regula a repressão ao abuso do Poder Econômico, exigia-se que qualquer contrato, relativo aos diversos tipos de propriedade industrial, deveria obter uma licença. Além de disciplinar a aplicação do capital estrangeiro e as remessas de valores para o exterior, esta lei, especificamente, regulamentava os pedidos de registros de contratos no país, relativos ao uso de patentes, fornecimento de tecnologia e assistência técnica e científica do exterior. Com essa lei, o Estado passou a controlar as remessas feitas ao exterior a título de pagamento dos contratos de tecnologia.

O Decreto 55.762/65, que regulamentou a lei 4131/62, definiu capital estrangeiro como máquinas e equipamentos, recursos financeiros ou monetários ingressados no país para aplicações em atividades econômicas e que sejam propriedade de pessoas físicas e jurídicas residentes, domiciliadas ou com sede no exterior. Nesse Decreto, ficou a cargo da Superintendência da Moeda e do Crédito¹⁵ determinar:

*...” os critérios para o registro dos capitais que correspondam a outros investimentos realizados por domiciliados no exterior...
(Parágrafo Único).*

E também ficou estabelecido:

¹⁵ As funções deste órgão foram assumidas pelo Banco Central

Art. 2º - Ao capital estrangeiro que se investir no País será dispensado tratamento jurídico idêntico ao concedido ao capital nacional...

Art. 3º - Em serviço especial instituído na Superintendência da Moeda e do Crédito para registro de capitais estrangeiros, qualquer que seja sua forma de ingresso no País, bem como de operações financeiras com o exterior serão registrados:

- a) os capitais estrangeiros que ingressarem no País sob a forma de investimento direto...*
- b) as remessas feitas para o exterior, como retorno de capitais ou como rendimentos desses capitais, lucros, dividendos, juros, amortizações, bem como as de royalties, de pagamento de assistência técnica (...) que implique transferência de rendimentos para fora do País.*

A Superintendência da Moeda e do Crédito podia, quando considerasse necessário:

“verificar a efetividade da assistência técnica, administrativa ou semelhante prestada a empresas estabelecidas no Brasil, ou exigir comprovação da efetividade da utilização das patentes e dos registros referentes a royalties, desde que, em ambos os casos, haja remessa de divisas para o exterior” (art. 19).

“não serão permitidas remessas para pagamento de royalties pelo uso de patentes de invenção e de marcas de indústria ou de comércio entre filial ou subsidiária de empresa estabelecida no Brasil e sua matriz com sede no exterior, ou quando a maioria do capital da empresa no Brasil, pertença aos titulares do recebimento dos royalties no estrangeiro (art. 20).”

Em 1970, no auge do período militar (presidência de E.G.Médici), através da lei 5.648/70, foi criado o INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial, com a finalidade principal de executar as normas que regulam a propriedade industrial no país.

...“sem prejuízo de outras atribuições que lhe forem cometidas, o Instituto adotará, com vista ao desenvolvimento econômico do país, medidas capazes de acelerar e regular a transferência de tecnologia e de estabelecer melhores condições de negociação e utilização de patentes, cabendo-lhe ainda pronunciar-se quanto a conveniência da assinatura, ratificação ou denúncia de convenções, tratados, convênios e acordos sobre a propriedade industrial” (Parágrafo Único).

Segundo BARRETO (1995), a lei 5.648/70 marca o aumento da intervenção governamental nos contratos de transferência de tecnologia. Essa preocupação em criar instrumentos com o objetivo de aumentar o poder de barganha das empresas junto aos fornecedores de tecnologia, já tinha se iniciado com a lei 4.131/62, que disciplinava a aplicação do capital estrangeiro e as remessas de valores para o exterior.

Além da necessidade de se criar um Código de Propriedade Industrial, a preocupação com os excessivos pagamentos ao exterior¹⁶ levou à instituição da lei 5.772/71. Essa lei abordava o tema de maneira ampla e ditava, especificamente, que a remuneração da concessão de licença deveria ser fixada, de acordo com instruções rígidas, pelas autoridades do Banco Central.

Bastante detalhada, em todos os aspectos da proteção dos direitos relativos à propriedade industrial, da concessão de privilégios e da concessão de registros, essa lei mostrou, também, a preocupação da época com a segurança nacional. No seu art. 44, é afirmado que o pedido de patente, cujo objeto fosse de interesse para a defesa nacional, seria processado em caráter sigiloso e deveria ser submetido à Secretaria Geral do Conselho de Segurança Nacional. Caberia ao Estado-Maior das Forças Armadas emitir parecer técnico conclusivo. O art. 47 acrescentava, ainda, que a violação do sigilo destas invenções seria punida como crime contra a segurança nacional.

O Ato Normativo 15, de 1975, regulamentou a lei 5.772/71, fornecendo um guia para os contratos de transferência de tecnologia (licença para exploração de patente, uso de marca, fornecimento de tecnologia industrial, cooperação técnico industrial e serviços técnicos especializados) e parâmetros para a remuneração dos contratos.

Trata-se do mais consistente conjunto de medidas até então adotado no Brasil sobre a transferência de tecnologia. Analisando-se o documento, fica clara a intenção de subsidiar a independência tecnológica nacional e de aumentar a capacidade doméstica em P&D, levando em conta as diretrizes do II PND – Plano Nacional de Desenvolvimento - que visava, entre outros

¹⁶ Empresas estrangeiras, na prática, passaram a remeter mais sob a rubrica transferência de tecnologia do que por lucros e dividendos em prejuízo do fisco.

objetivos, a capacitar o sistema produtivo a alcançar um nível tecnológico mais elevado. Propunha que:

...“considerando a conveniência de fixar parâmetros e critérios que, objetivando precipuamente disciplinar a contratação de transferência de tecnologia, sejam também capazes de orientar os contratantes a fim de que possam compatibilizar os termos e condições dos contratos com os preceitos legais vigentes, bem assim com a política governamental formulada para transferência de tecnologia industrial e com política econômico-financeira, global ou setorial, do país.”

Subseções deste documento legal colocam que o contrato não poderia obrigar ou condicionar a compra de insumos ou componentes necessários à fabricação ou utilização do processo do fornecedor da tecnologia (ítem 2.5.2.b. ii). O contrato também não poderia limitar ou impedir a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico da empresa licenciada.

Por outro lado,

“o contrato deveria prever que o licenciado teria o direito sobre os aperfeiçoamentos ou melhoramentos por ele introduzidos no produto ou no processo objeto da licença, cujas informações poderão ser transmitidas ao licenciador”. (2.5.1.d)

O contrato também deveria conter a obrigatoriedade de:

“o licenciador fornece imediatamente ao licenciado informações detalhadas sobre qualquer aperfeiçoamento ou melhoramento por ele introduzido no produto ou no processo objeto da licença”. (2.5.1.e)

Todos estes requisitos tinham o objetivo central de incentivar a independência tecnológica e aumentar a capacidade doméstica de P&D.

Em relação aos parâmetros para o cálculo de remuneração, o Ato Normativo 15/75 era específico para cada tipo de contrato: licença para exploração de patente, de uso de marca ou propaganda e de fornecimento de tecnologia. Fixava limites de pagamento, levando em conta uma lista detalhada de características como tipo de contrato, a essencialidade do tipo de produção e ramo de atividade, o grau de inovação e complexidade da tecnologia, a tradição e capacidade de pesquisa e desenvolvimento do licenciador e o prazo para a transferência completa da tecnologia em questão e a sua absorção pelo licenciado (Barreto, 1995).

O Ato Normativo 15/75 também correlacionava o valor da remuneração do contrato de transferência de tecnologia com o faturamento, baseada na venda ou na receita do serviço produzido, o que, de acordo com Johnson¹⁷, suscitava que participantes de licenças potencialmente grandes as subdividissem em contratos pequenos.

O Ato Normativo 15/75 e outros atos legais mais específicos, que o seguiram, mostraram a preocupação do governo federal em colocar limites nos abusos dos contratos de transferência de tecnologia.

O Comunicado FIRCE, de 19 de fevereiro de 1972 do Banco do Brasil, referente a remessas para o exterior relativas a marcas e patentes e tecnologia, procurou disciplinar os certificados de registro que tinham prazos indeterminados.

A Instrução Normativa 5/74, da Secretaria da Receita Federal, resolveu que as deduções feitas pelas pessoas jurídicas de importâncias pagas a título de aluguéis e *royalties* ou transferência de tecnologia só seriam aceitas a partir da averbação do respectivo ato ou contrato no INPI.

Sobre a questão da dedutibilidade de despesas com o pagamento de *royalties* e assistência técnica, independente da situação domiciliar do beneficiário dos rendimentos, no país ou no exterior, o Parecer Normativo CST 102/75, condicionava sua aceitação à averbação dos atos e contratos no INPI. Acrescentava que seriam dedutíveis os dispêndios com assistência técnica pagos a sócios domiciliados no país, mas que seriam indedutíveis os *royalties* pagos a sócios estrangeiros, mesmo que domiciliados no Brasil.

O Ato Normativo 32/78, que instituiu a obrigatoriedade da consulta prévia ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial para todos os contratos, visava o acompanhamento das negociações pelo INPI, evitando assim que os contratos sofressem modificações ou atrasos na fase de averbação.

Esperava-se, também, negociações mais favoráveis com o respaldo do INPI e acreditava-se que este respaldo técnico pudesse aumentar o poder de barganha das empresas ao negociar tecnologia.

¹⁷ Sua tese de doutorado apresenta um modelo onde o tamanho da firma é fator correlacionado com adoção de tecnologia (Johnson, 1997)

O Decreto 81.742/78 foi firmado entre o Brasil e vários países e dizia respeito ao Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes, propondo.

...“aperfeiçoar a proteção legal das invenções, simplificar e tornar mais econômica a obtenção de proteção das invenções quando a mesma for requisitada em vários países e facilitar e apressar o acesso de todos às informações técnicas contidas nos documentos que descrevem as novas invenções”.

Em 1979, foi criada a SEI - Secretaria Especial de Informática - diretamente ligada ao Conselho de Segurança Nacional, com a atribuição de assessorar o governo na formulação da Política Nacional de Informática. A sua atuação, voltada ao setor de Informática, influenciou a política de ciência e tecnologia com as restrições que impunha às inovações nessa área e que tinham impacto na modernização do setor produtivo como, por exemplo, a automação dos processos industriais.

As atribuições da SEI consistiam em:

- *“manifestar-se, tecnicamente, sobre a averbação de contratos de transferência de tecnologia na área de Informática, devendo as empresas interessadas cumprir as exigências formuladas pela entidade e prestar as informações que lhes forem solicitadas, sem prejuízo da competência do INPI.” (Decreto 84.067/79)*
- *“manifestar-se, tecnicamente, na fase de exame, após as buscas, sobre o pedido de patente que envolvam Informática, sem prejuízo da competência legal do INPI.” (Decreto 84.067/79)*

Pode-se dizer que, após 1979, duas instituições do governo federal - o INPI e SEI - atuaram no planejamento, supervisão e fiscalização da política de ciência e tecnologia, fato que marcou a fase da maior regulamentação da história recente da tecnologia no Brasil.

Em meados dos anos 80, uma nova tendência se iniciou com a preocupação em promover as inovações domésticas e a aumentar a comunicação em tecnologia.

O INPI começou a agir na promoção da transferência de tecnologia doméstica e na promoção de inovação tecnológica. Permitia-se, através da Lei 2.323/87, que as firmas contabilizassem, sem taxação, o valor real das

patentes como parte do estoque de capital, indicando uma mudança de política cujo objetivo era o de encorajar novas patentes.

Analisando esse período, que antecedeu 1988, pode-se concluir que o conjunto de incentivos dados à indústria até então, colocavam, no mesmo nível, a atividade de pesquisa tecnológica e as despesas correntes do processo de produção, não levando em conta os altos custos e as incertezas da atividade inovadora.

É importante frisar que esses incentivos faziam parte dos instrumentos de apoio à atividade industrial que, antes de tudo, privilegiava a ampliação da capacidade produtiva sem levar em conta o nível de produtividade e de qualidade dos produtos finais.

3.2 Período entre 1988 a 1990

A segunda fase da legislação sobre tecnologia no Brasil, considerada neste estudo, vai de 1988 a 1990, tempo em que as amarras da fase anterior, caracterizadas como protecionistas e regulatórias, começaram a se desfazer. As políticas industrial e tecnológica passaram a apoiar a capacitação tecnológica nas empresas industriais. Observa-se, também, o esgotamento do modelo de desenvolvimento e do aporte das mudanças trazidas com um novo padrão de concorrência internacional (MATESCO e TAFNER, 1996).

O Decreto-lei 2.433/88 (no capítulo III, art. 6º) tratou dos programas de desenvolvimento tecnológico industrial e pretendeu promover P&D, através de incentivos fiscais e iniciar uma Nova Política Industrial mediante a redução de tarifas, propondo:

"Às empresas que executassem, direta ou indiretamente, programas de desenvolvimento tecnológico industrial no País (...), poderão ser concedidos os seguintes benefícios, nas condições fixadas em regulamento:

I - redução de noventa por cento do Imposto de Importação incidente sobre máquinas, equipamentos, aparelhos, instrumentos e materiais, e seus respectivos acessórios, sobressalentes e ferramentas, destinados à utilização em atividades voltadas para o desenvolvimento tecnológico industrial;

II - dedução até o limite de oito por cento do imposto de renda devido, de valor equivalente à aplicação da alíquota cabível sobre a Renda ao valor das despesas de custeio incorridas no período-base

(...) podendo o eventual excesso ser deduzido nos dois períodos-base subseqüentes;

III - depreciação acelerada das máquinas e equipamentos(...) e a amortização acelerada de ativos intangíveis, vinculados exclusivamente a atividades voltadas para o desenvolvimento tecnológico industrial para efeito de apuração de imposto sobre a renda.

IV – crédito de até cinqüenta por cento do Imposto sobre a Renda pago e redução de até cinqüenta por cento do Imposto sobre Operações de crédito, Câmbio e Seguro e sobre Operações Relativas a Títulos e Valores Mobiliários, relativos a pagamentos ao exterior, a título de royalties, de assistência técnica, (...) quando o programa se enquadrar em atividade industrial prioritária;

V – dedução, pelas indústrias de alta tecnologia ou de bens de capital não seriados, (...) como despesa operacional, da soma dos pagamentos em moeda nacional ou estrangeira, a título de royalties ou assemelhadas, (...) até o limite de dez por cento da receita líquida das vendas do produto fabricado e vendido, resultante da aplicação dessa tecnologia... .”

Houve, portanto, um movimento para a liberalização dos fluxos de tecnologia, através da maior facilidade de aprovação dos contratos de transferência, assim como de um aumento no limite de dedução de impostos de 5% para 10%, relativos a pagamentos de *royalties*.

O Ato Normativo 22/90 agilizou o processo de aprovação dos contratos, colocando prazo de 10 dias para contratos pequenos e de 20 dias para os grandes. O Ato Normativo 34/92 concedeu a redução em 80% nas taxas de inscrição dos contratos no INPI para as instituições públicas e de pesquisa.

De maneira gradativa, o governo brasileiro começou a facilitar o fluxo de tecnologia, mediante o estabelecimento de linhas de crédito para P&D e programas educacionais em tecnologia.

3.3 Período pós 1990

Em 1990 foi criado o PDTI - Programa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial com o objetivo de promover fluxos de tecnologia entre empresas e entre regiões.

As leis 8.661/93 e 8.248/91 deslocaram, para o setor produtivo e para as empresas, a competência de investir e fortalecer a capacitação tecnológica da

indústria, principalmente, através do incentivo ao crescimento da competitividade industrial, incentivo de grande importância para a área de C&T.

A lei 8.661/93, que dispõe sobre os incentivos fiscais para a capacitação tecnológica da indústria e da agropecuária, reafirma e acrescenta alguns instrumentos que beneficiam as empresas.

Essa lei, mais direcionada aos programas que a lei 2.433/88, trata da concessão de incentivos fiscais para a capacitação tecnológica das empresas, das indústrias e dos empreendimentos agropecuários que executassem os PDTI - Programas de Desenvolvimento Tecnológico Industrial e o PDTA - Programa de Desenvolvimento Tecnológico Agropecuário.

A lei também possibilitava e incentivava as empresas a se associarem a universidades, instituições de pesquisa e a outras empresas, com o objetivo de realizar programas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

Outra medida adotada pela lei 8.661/93, que aperfeiçoou a lei 2.433/88, foi a isenção do IPI - Imposto sobre Produtos Industrializados - incidente sobre máquinas e equipamentos, aparelhos e instrumentos, assim como acessórios que acompanham esses bens na pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

O Decreto 1.157/94 reduziu para zero a alíquota, que anteriormente era de 50%, do Imposto sobre Operações de Crédito, Câmbio e Seguro que incidiam sobre as remessas ou créditos, enviados para o exterior em pagamento a *royalties*, assistência técnica e serviços especializados.

A lei 8.248/91 dispõe sobre a capacitação e a competitividade do setor de informática e automação, oferecendo às empresas a concessão de incentivos fiscais e estabelecendo que as empresas beneficiadas deveriam investir 5% de seu faturamento em P&D, dos quais uma parte deveria ser aplicada no setor de informática, através de convênios com universidades e centros de pesquisa.

Por outro lado, seguindo o processo de desburocratização, o Ato Normativo 120/93 restringiu a atuação do INPI somente ao exame formal dos contratos, sem mais nenhum poder para recusar uma licença de transferência de tecnologia, facilitando os procedimentos de licenciamento dos contratos.

Muitas vezes, a análise detalhada dos contratos significava atrasos e obstáculos burocráticos para a transferência de tecnologia estrangeira para a indústria nacional.

E, finalmente, em 14 de maio de 1996, foi promulgada a Nova Lei da Propriedade Industrial, lei 9.279/96, que regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial e que consolidou as mudanças em andamento.

A proteção dos direitos relativos à propriedade industrial efetua-se, conforme o art. 2º, através de:

- I – concessão de patentes de invenção e de modelo de utilidade;*
- II – concessão de registro de desenho industrial;*
- III – concessão de registro de marca;*
- IV – repressão às falsas indicações geográficas; e*
- V – repressão à concorrência desleal.”*

A lei trata das questões específicas de cada um dos itens acima. Em relação a patentes e modelo de utilidade é assegurado ao autor o direito de obter a patente que lhe garanta a propriedade (capítulo I, seção I, art. 6º), coloca os requisitos de patenteabilidade da invenção: novidade, atividade inventiva e aplicação industrial (capítulo II, seção I, art. 8º) e direito de prioridade (seção II, art. 16).

Todo procedimento do pedido de patente, desde o depósito até a concessão e vigência da patente, é descrito do capítulo III e IV. A proteção conferida pela patente é descrita no capítulo V e a licença para exploração, no capítulo VIII.

Eliminando o autoritarismo que existia na antiga lei 5.772/71, o pedido de patente originário do Brasil que for de caráter sigiloso deve ser encaminhado ao órgão competente do Poder Executivo (cap. IX, art. 75), e, caso se manifeste o interesse à defesa nacional, fica vedado o depósito no exterior (§.2) e sua exploração e a cessão estão condicionadas à prévia autorização do órgão competente (§ 3).

As mudanças na política tecnológica no período estudado são o reflexo de alterações profundas no sistema econômico brasileiro. Os efeitos dessas mudanças, na legislação específica de tecnologia sobre o processo produtivo,

não foram detectadas nos dados de patentes utilizados nessa tese. No entanto, TIGRE *et al* (2000) constata que as alterações na legislação resultaram em um crescimento do número de patentes estrangeiras, além de um significativo aumento do número de contratos de transferência de tecnologia entre subsidiárias no Brasil e em suas matrizes nos últimos anos da década de 90.

4. BASE DE DADOS: FONTES E METODOLOGIA

Nesse capítulo, serão apresentadas as fontes de dados e as variáveis utilizadas na estimativa da função de produção, bem como a metodologia utilizada para colocar os dados em unidades monetárias do ano base de 1995.

4.1 Fontes de dados

A PIA é realizada desde 1966, sendo inicialmente censitária, pois consistia em um painel intencional que cobria cerca de 90% do valor da produção declarada no Censo de 1960 e no Registro Industrial de 1965, atingindo 96 mil estabelecimentos em 1979.

Até 1980, fornecia resultados com o mesmo grau de detalhe que o Censo, ou seja, informações referentes a classes, gêneros, subgrupos e produtos da classificação de atividades e produtos industriais para o Brasil, unidades da federação e municípios.

A partir de 1981, foi introduzida a amostragem probabilística para os estabelecimentos, com o objetivo de facilitar a coleta, agilizar a apuração dos dados e reduzir os prazos de divulgação dos resultados.

Entre 1986 e 1990, foram introduzidos aperfeiçoamentos metodológicos, com o intuito de ampliar o conjunto de informações sobre o setor industrial.

O papel da PIA no sistema de estatísticas industriais do país é de:

“Acompanhar o desempenho e delinear a configuração estrutural das Indústrias Extrativa Mineral e de Transformação nos anos intercensitários, mensurando os principais agregados macroeconômicos para Brasil e Grandes Regiões, visando à atualização do sistema de contabilidade social e dos indicadores conjunturais de Produção Física e Dados Gerais, derivados das Pesquisas Industriais Mensais. Além de mapear os principais agregados para construção de função de produção da indústria – emprego, salário, produção e consumo intermediários, através das informações de investimento e desinvestimento. Ter-se-ia uma aproximação da formação bruta de capital ano a ano. Da pesquisa podem ser também derivados estudos setoriais, deflatores implícitos da produção final e do consumo intermediário, medições dos níveis de produtividade da mão de obra e da intensidade de capital na indústria, análises de concentração e diversificação da produção, da distribuição espacial. (<http://www.ibge.org/informações/PIA/ Empresas>)

Na PIA, são adotadas duas classificações distintas: a CAE- Classificação das Atividades Econômicas - e a nível 100 das Contas Nacionais. A CAE atende à dinâmica das transformações da economia e às recomendações internacionais, sendo composta de dez classes, abrangendo os setores primário, secundário e terciário.

A CAE, referente às atividades industriais, abrange a Indústria Extrativa Mineral e a de Transformação, sendo pesquisadas as atividades produtivas e de apoio à produção das indústrias extrativa mineral, de beneficiamento e de transformação de matérias-primas e produtos intermediários. As unidades de pesquisa¹⁸ são a empresa, a UL - unidade local e a UP - unidade produtiva.

Esta classificação permite avaliar a organização das atividades industriais, agregadas em categorias hierarquizadas (classe, gênero, grande grupo, grupo e subgrupo), as características tecnológicas do processo de produção e ainda podem ser obtidas, também, estatísticas comparáveis ao longo do tempo (por exemplo do Censo Industrial e da PIA).

A CAE para a indústria é composta de duas classes, a Indústria Extrativa Mineral e de Transformação (1 dígito), subdivididas em 22 gêneros (2 dígitos), desagregáveis em 141 grandes grupos (3 dígitos); 393 grupos (4 dígitos) e 690 subgrupos (6 dígitos).

A outra classificação utilizada pela PIA, a de nível 100, é a mesma adotada nas Contas Nacionais e tem como finalidade trabalhar com um menor número de categorias, além de permitir o cruzamento das Contas Nacionais com a Matriz Insumo-Produto.

Nessa classificação, as atividades sócio-econômicas estão organizadas em 46 categorias nível 50, as quais se desagregam em 92 categorias nível 100. No nível 100, 65 categorias representam as indústrias extrativa mineral e de transformação. Cada nível 100 representa uma agregação de subgrupos de

¹⁸ A empresa é a unidade jurídica caracterizada por uma firma ou razão social, englobando o conjunto de atividades econômicas exercidas em uma ou mais ULs e responde pelo capital investido nessas unidades. A UL é o local onde a empresa atua, ocupando geralmente uma área contínua na qual são desenvolvidas uma ou mais atividades econômicas, podendo comportar um ou mais estabelecimentos, o que a caracteriza como do tipo estabelecimento único ou desdobrável. A UP ou estabelecimento é uma partição da UL para fins de levantamento estatístico, podendo em diversas situações, ser a própria UL. Significa uma unidade em operação, localizada em área contínua, pertencente a uma única empresa onde se desenvolve, basicamente, um tipo de atividade econômica. Consideram-se as seguintes modalidades de estabelecimentos: produtivos, administrativos ou auxiliares e sedes de empresas quando referentes a Indústria.

atividades industriais da CAE do Censo de 1985. O nível 100 está estruturado em quatro dígitos, os dois primeiros representam o nível 50 das Contas Nacionais.

A PIA tem, como universo das empresas para a sua pesquisa, o Censo Econômico de 1985 e é feita através de quatro modelos de questionários. O questionário 001 ou Empresa, aplicado às empresas industriais com receita bruta anual superior a dez mil OTN's¹⁹; o questionário 300 ou UL, aplicado às unidades locais industriais das empresas com receita bruta superior a cem mil OTN's em 1985; o questionário 301 ou UP, aplicado a todas as unidades produtivas ou da unidades locais levantadas no modelo 300; e o questionário 002 ou UL/LP (modelo simplificado) aplicado às unidades locais industriais das empresas com receita bruta entre dez a cem mil OTN's.

As empresas industriais de grande porte, aquelas com mais de mil pessoas ocupadas e/ou receita bruta anual acima de vinte mil OTN's, são pesquisadas censitariamente. Essas empresas, com as respectivas UL e UP, compõem a coleta especial, que tem como objetivo acompanhar, detalhadamente, o desempenho das grandes empresas brasileiras do setor industrial.

As unidades de investigação no âmbito do cadastro de seleção da PIA, para a coleta especial, são as empresas - sociedades de economia mista, empresas privadas e estatais - constituídas até 1º de dezembro do ano de referência da pesquisa, cuja atividade principal é a indústria, com registro no CGC - Cadastro Geral de Contribuintes do Ministério da Fazenda -, captadas nos Censos Econômicos de 1985; as UL industriais pertencentes às empresas industriais (apesar de não diretamente levantadas pelos Censos Econômicos de 1985, foram construídas a partir destes) e as UP.

Por outro lado, a coleta complementar é feita através de estimativas para o restante do universo, selecionadas a partir de duas amostras probabilísticas independentes, uma para empresas e outra para as UL (pesquisando-se todas as UP pertencentes às UL).

¹⁹ Correspondia a 245 milhões de cruzeiros em 1985.

A empresa, como unidade de pesquisa, permite não só o levantamento de indicadores econômicos financeiros, como informações integradas dos fluxos de financiamento, investimento, produção e geração de renda.²⁰

Esta tese utiliza a classificação de nível 100 das Contas Nacionais, porque as agregações são maiores o que possibilita a sua compatibilização com a do YTC.

O ANEXO 2 apresenta a classificação do nível 100 e do nível 50 do IBGE com os correspondentes capítulos do SIC e a compatibilização, feita nessa tese, com a classificação do YTC.

Para estudar, com maior detalhe as indústrias extrativas e de transformação mineral, foi considerado o nível 100. A indústria extrativa mineral é composta por: Extração de Minerais Metálicos, Extração de Minerais Não-Metálicos, Extração de Petróleo e Gás Natural, Extração de Carvão Mineral e Outros Combustíveis Minerais.

A indústria de transformação mineral subdivide-se em: Fabricação de Cimento e Clínquer, Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento, Concreto e Fibrocimento, Fabricação de Vidros e Artigos de Vidro, Fabricação de Outros Produtos de Minerais Não-Metálicos, Siderurgia, Metalurgia dos Não-Ferrosos, Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço, Fabricação de Outros Produtos Metalúrgicos.

Algumas indústrias de transformação foram consideradas no nível 50: Madeira, Papel e Gráfica, Produtos Farmacêuticos e Indústrias Diversas.

Outros foram os resultados da agregação de dois ou mais nível 100: Máquinas e Equipamentos, Elétrica, Eletrônica e Comunicação, Transporte, Química, Têxtil e Produtos Alimentares. A Indústria de Borracha e Plástico foi o resultado da soma de dois nível 50.

A fonte básica dos dados sobre patentes foi o banco de dados INPADOC- *International Patent Documents Library*²¹, que registra e contabiliza

²⁰<http://www.ibge.org/informações/PIA/Empresas/hist.htm>

²¹ Banco de Dados INPADOC para 80 países via *STN online services*, com direitos autorais nos Estados Unidos para o banco de dados da American Chemical Society.

as patentes de 80 países que utilizam a IPC e a estes dados foram aplicados a metodologia YTC.

Nesta tese, foram utilizados os dados de patentes do Brasil²², aplicados à metodologia do YTC, segundo o modelo descrito no artigo de KORTUM e PUTNAM (1997).

O modelo probabilístico foi construído a partir do *Canadian Patent Office* que, desde 1972, classificou mais de 300.000 patentes por tipo de indústria IOM e SOU. A premissa básica do modelo é que a probabilidade de uma patente vir a ser produzida ou utilizada por uma determinada indústria, só depende da tecnologia contida na patente, não importando o país que a gerou ou a data em que a patente foi concedida.

Portanto, as probabilidades condicionadas, estimadas a partir dos dados do modelo do Canadá, podem ser aplicadas a qualquer país e a qualquer período, bastando para isso o conhecimento da tecnologia da patente.

Um exemplo, dado no artigo citado, ilustra bem o conceito de probabilidades condicionadas, fundamental para se entender o YTC.

Suponha que existam três tecnologias (A, B, C) e duas indústrias (1 e 2). A matriz, apresentada no Quadro 1, mostra a probabilidade de uma patente, classificada como tecnologia A, B ou C, estar associada a uma das indústrias ou a duas. Ou seja, a tecnologia A tem a probabilidade de estar igualmente associada à indústria 1 (50%) ou 2 (50%), a tecnologia B está mais ligada à indústria 3 (70%) do que à indústria 1 (30%) e, por último, a tecnologia C está totalmente associada à indústria 1 (100%).

Quadro 1: YTC - Probabilidades condicionadas

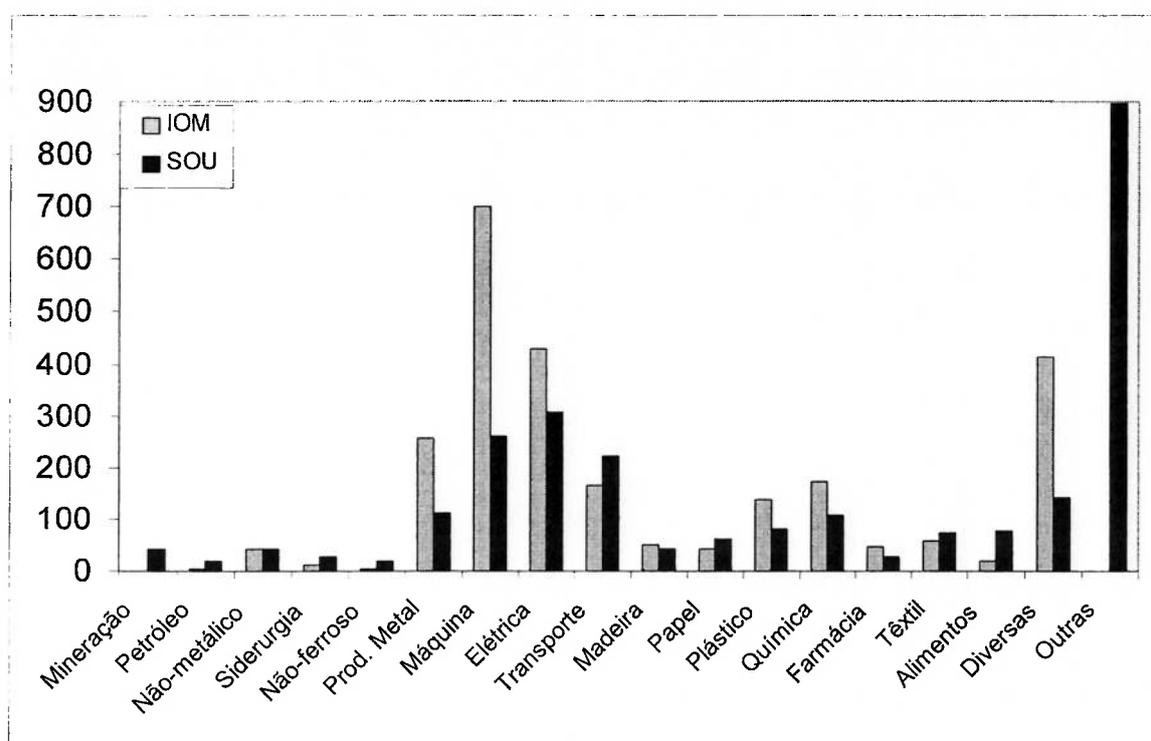
Tecnologia/Indústria	1	2
A	0,5	0,5
B	0,3	0,7
C	1	0

²² O banco de dados de patentes para o Brasil está disponível no trabalho de Johnson e Evenson (1998).

O YTC consiste, portanto, na estimativa desses conjuntos de probabilidades condicionais, tendo como base os dados do Canadá e aplicados às estatísticas dos demais países.

No Gráfico 1, apresentado a seguir, têm-se as patentes YTC de pessoas domiciliadas no Brasil, no ano de 1990, por IOM e SOU. O objetivo é observar a relação e a transferência de inovação tecnológica entre indústrias, comparando a distribuição de IOM e de SOU para cada ramo da indústria, conforme classificada nessa tese.

Gráfico 1: Patentes domésticas para o ano de 1990 (IOM e SOU)



Fonte: Johnson e Evenson (1998).

No gráfico foram feitas abreviações da seguinte forma: Mineração (Extração de Minerais Metálicos e Não-Metálicos), Petróleo (Extração de Petróleo e Gás Natural, Extração de Carvão Mineral e Outros Combustíveis Minerais), Não-metálico (Fabricação de Cimento e Clinker, Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento, Concreto e Fibrocimento, Fabricação de Vidros e Artigos de Vidros, Fabricação de Outros Produtos Minerais Não-Metálicos), Siderurgia, Não-ferroso (Metalurgia dos Não-Ferrosos), Prod. Metal. (Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço, Fabricação de Outros Produtos Metalúrgicos), Máquina (Máquinas e Equipamentos), Elétrica (Elétrica,

Eletrônica e de Comunicação), Transporte (Transportes), Madeira (Madeira), Papel (Papel e Gráfica), Plástico (Borracha e Plástico), Química (Química), Farmácia (Produtos Farmacêuticos), Têxtil (Têxtil), Alimentos (Produtos Alimentares), Diversas (Indústrias Diversas); Outras (corresponde a outras atividades econômicas).

O YTC não só classifica as atividades industriais, como todas as outras atividades econômicas como a agricultura, o comércio, o governo, a educação, a saúde e finanças. No gráfico a seguir, estas atividades estão agregadas no item Outras.

Analisando o gráfico, fica claro que as patentes IOM se concentram nos setores industriais. Por outro lado, observa-se que o item Outras (outras atividades econômicas) apresenta um elevado número de patentes SOU e nenhuma patente IOM. O que significa que as indústrias produzem patentes que serão utilizadas em atividades econômicas tão diversas como, por exemplo, o sistema bancário, os hospitais e as escolas.

Nota-se que Máquinas e Equipamentos é a indústria que mais produz inovações através de patentes (IOM), seguida da Elétrica, Eletrônica e de Comunicação e das Indústrias Diversas (que inclui a produção de Instrumentos). Nesses setores da indústria, se concentra a produção de maior número de patentes.

4.2 Metodologia de deflacionamento

Os dados originais estão expressos em diferentes unidades monetárias: milhões de cruzados (1988), milhões de cruzados novos (1989), milhões de cruzeiros (1990 a 1992), milhões de cruzeiros reais (1993) e, por fim, milhares de reais (1994 e 1995).

Obter os dados de 1988, 1989, 1990, 1992, 1993 e 1994 em valores constantes e na mesma unidade monetária foi tarefa difícil, que exigiu muito rigor e cuidado.

Considerando 1995 como ano base, os dados foram deflacionados para preços constantes deste ano, através de um deflator implícito cuja construção será explicada a seguir.

Os dados da PIA são coletados de forma similar aos que geram os índices anuais de crescimento real da indústria. Desta forma, este crescimento, em cada ano, deve ser igual ao crescimento do valor real da produção de bens finais da PIA. Ou seja, as taxas de crescimento real da indústria permitem a construção de um índice de *quantum* para a produção de bens finais da PIA, que é, então, utilizado para calcular o deflator implícito do valor agregado da produção final de bens. Este deflator foi utilizado para deflacionar todos os dados nominais setoriais.

O deflator implícito é o resultado da divisão entre o valor nominal da produção de bens finais e o índice de *quantum*. O procedimento, para calcular o valor real de cada variável, consistem em se multiplicar o valor nominal da variável pelo deflator implícito (ano base 1995) correspondente daquele ano.

Para a variável valor real do consumo de energia, foi utilizada um deflator construído a partir das tarifas de energia elétrica – média mensal(R\$/MWH) da FGV – Fundação Getulio Vargas e para o valor do consumo de combustível, partiu-se do IPA-OG – Índice de Preço no Atacado - conceito de Oferta Global.

4.3 Variáveis

Todas as variáveis, apresentadas a seguir, foram utilizadas para estimar a função de produção agregada. São elas: o valor real da produção de bens finais, o número de pessoas ligadas à produção e o número de pessoas na administração, o valor real do consumo de energia, o valor real do consumo de combustível, o ativo real total, os *royalties* e as proporções de patentes de domiciliados brasileiros e de patentes americanas no Brasil.

O modelo de função de produção pode explicar as variações na produção, advindas da queda ou do crescimento dos insumos, ou seja, das variáveis independentes.

Ao serem apresentadas as tabelas abaixo, não se pretende fazer análises setoriais para cada variável, mesmo por que os dados dos quatro setores escolhidos serão analisados, no último capítulo, sob a ótica da inovação tecnológica. Nessa seção, somente serão explicitados o comportamento das variáveis.

As tabelas estão sob a forma de índices em relação ao ano de 1988 (1988=100), e foram calculadas a partir das tabelas do ANEXO 3.

4.3.1 Valor Real da Produção de Bens Finais

O cálculo do valor real da produção de bens finais, que é igual ao valor adicionado à produção, em um determinado período, é feito utilizando-se a metodologia de Contas Nacionais, comum à maioria dos países.

O PIB – Produto Interno Bruto - corresponde, à nível agregado, ao valor da produção de bens finais do país. Esse valor mede a soma do fluxo dos bens e serviços que foram incorporados à economia em cada etapa da cadeia produtiva, considerando-se, geralmente, o período de um ano.

Trata-se de uma medida mais acurada da produção do país, pois não leva em conta o consumo intermediário no processo produtivo, evitando-se assim a dupla contagem. Essa variável é chamada de VTI – Valor da Transformação Industrial na PIA - e seus índices são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 4.01: Índice do valor real da produção de bens finais, para as indústrias extrativa e de transformação mineral e outras indústrias (1988-1990-1995).

	1988	1990	1995
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral			
Extração de Minerais Metálicos	100	146	166
Extração de Minerais Não Metálicos	100	96	78
Fabricação de Cimento e Clinquer	100	95	129
Fabricação de Peças e Estruturas Cimento,	100	91	62
Fabricação de Vidros e Artigos de Vidro	100	106	102
Fabricação Produtos Minerais Não Metálicos	100	76	72
Siderurgia	100	93	82
Metalurgia dos Não Ferrosos	100	80	50
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	100	96	63
Fabricação de Outros Produtos Metalúrgicos	100	113	84
Outras Indústrias			
Máquinas e Equipamentos	100	96	75
Elétrica, Eletrônica e de Comunicações	100	108	73
Transporte	100	99	129
Madeira	100	102	84
Papel e Gráfica	100	111	134
Borracha e Plástico	100	99	86
Química	100	103	91
Produtos Farmacêuticos	100	186	259
Têxtil	100	116	62
Produtos Alimentares	100	106	120
Diversas	100	106	72

Fonte: PIA-IBGE

Para se avaliar o comportamento da variável, valor real da produção de bens finais da PIA face à produção em quantidade (toneladas) destes produtos nos anos estudados, foram analisados, para alguns setores da Indústria Extrativa e de Transformação Mineral, os dados de produção física do Anuário Estatístico-Setor Metalúrgico, do Anuário Mineral Brasileiro e através de informações obtidas no SNIC- Sindicato da Indústria do Cimento.

- Na Extração de Minerais Metálicos, houve um crescimento de 66% no valor da produção de bens finais da Indústria (dados da PIA). A produção física²³ cresceu, no entanto, 24% nos sete anos, passando de 200 milhões de toneladas em 1988 para 213 milhões em 1990 e chegando a 248 milhões em 1995.

²³ Dados do Anuário Mineral Brasileiro- MME/DNPM (1989-1991-1996).

- O valor da produção de bens finais da indústria de Fabricação de Cimento e Clinquer apresentou crescimento de 29%, enquanto a Fabricação de Peças e Estrutura de Cimento, Concreto e Fibrocimento caiu em 38%(dados da PIA). A produção física de cimento *portland*²⁴ cresceu 11% de 1988 a 1995 (foi de 25.328 mil toneladas em 1988, de 25.848 em 1990 e de 28.258 em 1995).
- A indústria Siderúrgica apresentou uma queda de 18% no valor da produção de bens finais no período de 1988 a 1995 (dados da PIA). Em termos de volume físico da produção²⁵, houve uma queda de 1988 para 1990 que passou de 24.657 milhões de toneladas para 20.567 (queda de 16%), que foi recuperada em 1995 com a produção de 25.076 (crescimento de 21%).
- A Metalurgia dos Não-Ferrosos apresentou uma queda de 50% no valor da produção de bens finais (dados da PIA), enquanto a quantidade produzida apresentada no Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico para a indústria do alumínio mostra uma queda pequena, no ano de 1990, que passou de 938 milhões de toneladas em 1988 para 930 em 1990 e um crescimento para 1188 em 1995 (de 27%).

A diferença dos percentuais de queda ou crescimento do valor da produção de bens finais em relação ao volume físico da respectiva indústria reflete alterações de preços (nacionais e internacionais) dos produtos, variações nas taxas de câmbio e alterações de volume e preços nas compras intermediárias. No caso da indústria do alumínio, houve uma queda grande nos preços internacionais do metal, que justificam, em parte, essa queda²⁶ no período estudado.

O cadastro das empresas da Indústria Extrativa e de Transformação Mineral da PIA-IBGE foi feito pelo IBGE, a partir de um programa especial para a obtenção dessa listagem. Essa relação é feita com base no VTI, ou seja, foram listadas as empresas que são responsáveis por 80% do valor da transformação industrial do setor. Essa lista é interessante, na medida em que

²⁴ Dados fornecidos pelo SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento.

²⁵ Dados do Anuário Estatístico –Setor Metalúrgico, SDI (1989) MME (1991/95 – 1992/1996)

²⁶ O deflator usado reflete o comportamento da economia como um todo e não reflete mudanças de preços setoriais.

apresenta quase a totalidade das empresas da extrativa e de transformação industrial, classificadas através da CAE.

4.3.2 Número de empregados na produção

Essa variável diz respeito ao número de empregados²⁷, atuando diretamente na produção, excluindo os diretores, proprietários ou sócios e o pessoal não ligado diretamente à produção. Na Tabela 4.02 estão apresentados os índices, tendo 1988 como ano base. Pode-se constatar que houve uma queda substancial em todas as indústrias, entre 1988 e 1995.

A Extração de Minerais Não Metálicos teve uma queda de mais da metade de empregados. Todas as demais indústrias do setor também diminuíram o número de empregados.

Tabela 4.02: Índice do número de empregados na produção, para as indústrias extrativa e de transformação mineral e outras indústrias (1988-1990-1995).

	1988	1990	1995
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral			
Extração de Minerais Metálicos	100	87	67
Extração de Minerais Não-Metálicos	100	84	45
Fabricação de Cimento e Clinquer	100	87	58
Fabricação Peças Estruturas Cimento, Concreto e Fibro	100	84	52
Fabricação de Vidros e Artigos de Vidro	100	94	69
Fabricação Outros Produtos Minerais Não-Metálicos	100	78	62
Siderurgia	100	101	69
Metalurgia dos Não-Ferrosos	100	91	54
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	100	95	67
Fabricação de Outros Produtos Metalúrgicos	100	97	70
Outras Indústrias			
Máquinas e Equipamentos	100	86	59
Elétrica, Eletrônica e de Comunicação	100	93	63
Transporte	100	99	81
Madeira	100	77	70
Papel e Gráfica	100	102	88
Borracha e Plástico	100	87	77
Química	100	88	67
Produtos Farmacêuticos	100	114	94
Têxtil	100	89	56
Produtos Alimentares	100	93	92
Diversas	100	85	56

Fonte: PIA-IBGE

²⁷ Tabulações em dados gerais da atividade industrial na PIA.

Considerando as outras indústrias, em geral, a Têxtil, a que tradicionalmente mais emprega, apresentou uma queda de quase metade do seu contingente de 1985. Por outro lado, a Produção de Alimentos, outra indústria que também emprega grande número de pessoas, manteve estável o nível de emprego assim como a de Produtos Farmacêuticos.

4.3.3 Número de empregados na administração

Trata-se da diferença entre o total de empregados²⁸, em cada setor, menos o número de pessoas ligadas diretamente à produção. Portanto, inclui além da diretoria e sócios que trabalham na firma, as pessoas ligadas à administração. A Tabela 4.03 apresenta o índice do número de empregados administrativos de cada setor da indústria.

Tabela 4.03: Índice do número de empregados na administração, para as indústrias extrativa e de transformação mineral e outras indústrias (1988-1990-1995).

	1988	1990	1995
Extração de Minerais Metálicos	100	97	51
Extração de Minerais Não-Metálicos	100	97	55
Fabricação de Cimento e Clínquer	100	85	63
Fabricação Peças Estruturas Cimento, Concreto e Fibro	100	86	55
Fabricação de Vidro e Artigos de Vidro	100	97	112
Fabricação Outros Produtos Minerais Não-Metálicos	100	94	63
Siderurgia	100	81	38
Metalurgia dos Não-Ferrosos	100	90	53
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	100	76	37
Fabricação de Outros Produtos Metalúrgicos	100	98	67
Outras Indústrias			
Máquinas e Equipamentos	100	89	58
Elétrica, Eletrônica e de Comunicação	100	93	52
Transporte	100	95	54
Madeira	100	92	63
Papel e Gráfica	100	91	79
Borracha e Plástico	100	95	67
Química	100	88	61
Produtos Farmacêuticos	100	113	108
Têxtil	100	102	63
Produtos Alimentares	100	107	90
Diversas	100	96	55

Fonte: PIA-IBGE

²⁸ Tabulações em dados gerais da atividade industrial-PIA-IBGE

Dentre as indústrias extrativas e de transformação mineral, a Indústria de Fabricação de Vidros e Artigos de Vidro também aumentou o número de empregados em relação ao ano de 1995, apesar da queda entre 1988 e 1990. A queda mais acentuada ocorreu na Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço, seguida pela Siderurgia. Quanto aos demais setores industriais, somente o de Produtos Farmacêuticos manteve estável o número de empregos, todos os outros apresentaram queda substancial.

4.3.4 Valor real do consumo de energia elétrica

Esse índice corresponde ao valor do consumo de energia elétrica a preços constantes de 1995, sendo uma das variáveis de custo de produção das empresas (Tabela 4.04), considerada junto a outros custos, como: o valor das matérias primas consumidas, dos combustíveis e dos serviços industriais.

Tabela 4.04: Índice do valor real do consumo de energia, para as indústrias extrativas e de transformação mineral e outras indústrias (1988-1990-1995).

	1988	1990	1995
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral			
Extração de Minerais Metálicos	100	124	149
Extração de Minerais Não-Metálicos	100	94	109
Fabricação de Cimento e Clinquer	100	87	97
Fabricação Peças Estruturas Cimento, Concreto e Fibro	100	91	83
Fabricação de Vidro e Artigos de Vidro	100	45	68
Fabricação Outros Produtos Minerais Não-Metálicos	100	78	75
Siderurgia	100	101	78
Metalurgia dos Não-Ferrosos	100	90	97
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	100	83	86
Fabricação de Outros Produtos Metalúrgicos	100	93	94
Outras Indústrias			
Máquinas e Equipamentos	100	85	98
Elétrica, Eletrônica e de Comunicação	100	94	84
Transporte	100	95	135
Madeira	100	80	84
Papel e Gráfica	100	98	95
Borracha e Plástico	100	85	97
Química	100	81	69
Produtos Farmacêuticos	100	98	118
Têxtil	100	94	88
Produtos Alimentares	100	92	105
Diversos	100	92	92

Fonte: PIA-IBGE

Observa-se que somente os segmentos de Extração de Minerais Metálicos e de Minerais Não Metálicos apresentaram um aumento no índice de consumo de energia. A Siderurgia apresentou queda no período, enquanto a Metalurgia dos Não-Ferrosos manteve quase o mesmo nível de dispêndio. É importante destacar como as indústrias Extrativas e de Transformação Mineral são grandes consumidoras de energia elétrica, mantendo-se em um patamar mais elevado, quando comparadas aos demais setores industriais (ver no ANEXO 3 – Tabela D).

4.3.5 Valor real do consumo de combustível

Da mesma forma que a variável anterior, essa faz parte dos custos de produção das indústrias, apresentada da Tabela 4.05, a seguir:

Tabela 4.05: Índice do valor do consumo de combustível, para as indústrias extrativas e de transformação mineral e outras indústrias, (1988-1995-1995)

	1988	1990	1995
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral			
Extração de Minerais Metálicos	100	79	129
Extração de Minerais Não-Metálicos	100	61	141
Fabricação de Cimento e Clinquer	100	92	98
Fabricação Peças Estruturas Cimento, Concreto e Fibro	100	72	149
Fabricação de Vidros e Artigos de Vidro	100	74	87
Fabricação Outros Produtos Minerais Não-Metálicos	100	97	85
Siderurgia	100	95	33
Metalurgia dos Não-Ferrosos	100	76	44
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	100	91	94
Fabricação de Outros Produtos Metalúrgicos	100	64	89
Outras Indústrias			
Máquinas e Equipamentos	100	87	90
Elétrica, Eletrônica e de Comunicação	100	84	73
Transporte	100	91	122
Madeira	100	71	120
Papel e Gráfica	100	130	155
Borracha e Plástico	100	91	126
Química	100	66	61
Produtos Farmacêuticos	100	184	122
Têxtil	100	99	82
Produtos Alimentares	100	105	148
Diversas	100	122	83

Fonte:PIA-IBGE

Trata-se do valor real do consumo de combustíveis usados para acionar maquinaria e para o seu aquecimento.

O comportamento dessa variável foi um pouco diferente do relativo ao valor real do consumo de energia. Várias indústrias apresentaram aumento desse valor como, por exemplo, as de Extração de Minerais Metálicos, de Minerais não Metálicos, assim como a Fabricação de Cimento e Clinquer e Fabricação de Vidros e Artigos de Vidro.

4.3.6. Ativo real total

Essa variável, diferente das anteriores, tem como fonte a Pesquisa das Empresas Líderes do IBGE²⁹ e os seus índices estão na Tabela 4.06. O universo dessa pesquisa é bem menor que o considerado na coleta especial e na coleta complementar, pois é composta somente das grande empresas.

Tabela 4.06: Índice de ativo total, para as Indústrias extrativas e de transformação mineral e outras indústrias (1988-1990-1995).

	1988	1990	1995
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral			
Extração de Minerais Metálicos	100	73	64
Extração de Minerais Não Metálicos	100	62	52
Fabricação de Cimento e Clinquer	100	75	93
Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento	100	59	68
Fabricação de Vidros e Artigos de Vidro	100	91	74
Fabricação de Outros Produtos de Minerais Não	100	67	59
Siderurgia	100	85	58
Metalurgia dos Não Ferrosos	100	74	53
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	100	88	58
Fabricação de Outros Produtos Metalúrgicos	100	81	68
Outras Indústrias			
Máquinas e Equipamentos	100	67	54
Elétrica, Eletrônica e de Comunicação	100	82	73
Transporte	100	90	66
Madeira	100	77	63
Papel e Gráfica	100	80	93
Borracha e Plástico	100	83	61
Química	100	73	66
Produtos Farmacêuticos	100	94	120
Têxtil	100	79	59
Produtos Alimentares	100	78	83
Diversas	100	97	81

Fonte: PIA-IBGE

Considera-se essa variável, portanto, como uma aproximação (*proxy*) para capital no modelo a ser estimado. O ativo total é a soma do ativo circulante (disponível, clientes e estoques) com o ativo permanente (investimentos, imobilizado líquido, diferido) das empresas líderes.

Em todos os segmentos industriais, quase sem exceção, o ano de 1990 foi de queda no ativo total, efeito direto do Plano Collor.

4.3.7 Pagamento de *Royalties*

Como a variável anterior, o pagamento de *royalties* só foi avaliado nas empresas líderes e, portanto, é considerado, também, como uma aproximação (*proxy*) para tecnologia estrangeira. Os dados estão na Tabela 4.07, a seguir:

Tabela 4.07: Índice de pagamento de *royalties*, para as indústrias extrativa e de transformação mineral e outras indústrias (1988-1990-1995).

	1988	1990	1995
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral			
Extração de Minerais Metálicos	100	97	308
Extração de Minerais Não Metálicos	100	52	62
Fabricação de Cimento e Clinquer	100	199	24
Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento	100	80	0
Fabricação de Vidros e Artigos de Vidro	-	-	-
Fabricação de Outros Produtos de Minerais não Siderurgia	100	135	4
Siderurgia	100	43	1
Metalurgia dos Não Ferrosos	100	1	10
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	100	177	0
Fabricação de Outros Produtos Metalúrgicos	100	15	17
	100		
Outras Indústrias			
Máquinas e Equipamentos	100	37	16
Elétrica, Eletrônica e de Comunicação	100	507	547
Transporte	100	127	79
Madeira	100	144	593
Papel e Gráfica	100	20	260
Borracha e Plástico	100	304	5321
Química	100	1	84
Produtos Farmacêuticos	100	8036	8391
Têxtil	100	305	945
Produtos Alimentares	100	110	133
Diversas	100	129	0

Fonte: PIA-IBGE

²⁹ Tabulações em variáveis selecionadas das empresas do setor industrial-PIA-IBGE

Os desembolsos com pagamento de *royalties*³⁰ não são bem distribuídos entre os anos, em alguns, os pagamentos são altos, enquanto são inexistentes em outros anos.

4.3.8 Patentes de Domiciliados no Brasil

Os dados de patentes são originados da aplicação do YTC feita por Johnson e Evenson (1998). Nessa tese foi, utilizada a proporção³¹, ou a soma das probabilidades condicionadas de patentes por setor de uso (SOU) para os diversos setores da indústria, conforme apresentada na tabela a seguir.

Tabela 4.08: Proporção de patentes (SOU) de domiciliados no Brasil para as indústrias extrativa e de transformação mineral e outras indústrias (1988-1990-1995).

	1985	1990	1995
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral			
Extração Mineral	41,55	43,96	24,1
Fabricação de Produtos Minerais Não-Metálicos	23,71	41,04	25,52
Siderurgia	38,61	28,03	21,17
Metalurgia dos Não-Ferrosos	23,28	18,75	10,6
Fabricação de Produtos Minerais Não-Metálicos	108,45	112,42	96,89
Outras Indústrias			
Máquinas e Equipamentos	261,29	259,04	210,55
Elétrica, Eletrônica e de Comunicação	283,63	307,38	282,03
Transporte	231,3	222,65	233,46
Madeira	42,88	41,82	59,56
Papel e Gráfica	53,48	59,73	55,01
Borracha e Plástico	59,57	80,17	55,6
Química	122,66	107,18	53,24
Produtos Farmacêuticos	28,39	28,47	19,59
Têxtil	68,56	71,19	77,96
Produtos Alimentares	76,66	76,57	88,88
Diversas	122,48	141,57	137,55

Fonte: Johnson e Evenson (1998)

³⁰ Tabulações em despesas operacionais e custos dos produtos e serviços vendidos das empresas do setor industrial-PIA-IBGE.

³¹ É importante frisar que não se está trabalhando com número de patentes e sim com a proporção de patentes SOU.

Foram usados os dados de SOU, porque a variável patente será analisada sob o ponto de vista das indústrias que utilizam a patente e a sua contribuição na produção industrial e não sob o ponto de vista das que manufaturam as patentes.

A compatibilização dos dados de patentes com os setores da indústria extrativa e de transformação mineral, que está no nível 100, como já foi visto, foi necessária para a estimação do modelo de função de produção agregada. Os dados do YTC, para os itens 39 (non-metalic minerals), 9 (mining) e 25 (fabricated metals) foram repetidos, para cada um dos setores correspondentes do nível 100 da PIA.

O setor que mais utiliza patentes, na Indústria Extrativa e de Transformação Mineral, tem sido o de Fabricação de Outros Produtos Metalúrgico. Estão em outro patamar de utilização: as indústrias de Extração Mineral, a Fabricação de Produtos de Minerais Não Metálicos e a Siderurgia.

Existem dois grupos da indústria no Brasil, que lideram em proporção de patentes (SOU), o primeiro são os setores de Máquinas e Equipamentos, de Transporte, Elétrica, Eletrônica e Comunicações, o segundo grupo, são os demais setores que estão num nível mais baixo e apresentam uma proporção de patentes (SOU) bem menor.

4.3.9 Patentes americanas no Brasil

Considerando os anos de 1985 a 1995, para quase todos os setores da indústria, existe uma tendência de queda na proporção de patentes (SOU) americanas no Brasil, o que pode ser observado na tabela a seguir.

Tabela 4.09: Proporção de patentes americanas (SOU) para as indústrias extrativa e de transformação mineral e outras indústrias (1985-1990-1995).

	1985	1990	1995
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral			
Extração Mineral	50,75	52,34	26,4
Fabricação de Produtos Minerais Não-Metálicos	40,31	32,09	29,76
Siderurgia	24,32	29,06	18,95
Metalurgia dos Não-Ferrosos	19,47	26,03	14,78
Fabricação de Produtos Metalúrgicos	88,02	71,95	65,67
Outras Indústrias			
Máquinas e Equipamentos	212,77	138,29	143,31
Elétrica, Eletrônica e Comunicação	282,48	209,09	262,51
Transporte	167,9	118,12	119,09
Madeira	16,04	11,35	12,21
Papel e Gráfica	59,25	69,34	75,69
Borracha e Plástico	149,61	144,21	117,5
Química	313,97	292,64	272,2
Produtos Farmacêuticos	87,98	82,42	128,23
Têxtil	63,32	47,43	46,48
Produtos Alimentares	51,85	51,37	68,53
Diversas	66,5	52,77	67,93

Fonte: Johnson e Evenson (1998)

Somente os setores de Papel e Gráfica, Produtos Farmacêuticos, Produtos Alimentares e Diversas apresentaram um crescimento de patentes americanas no Brasil. O setor com a maior proporção de patentes americanas é o de Indústrias Elétricas, Eletrônica e de Comunicação.

A indústria extrativa e de transformação mineral apresenta, em geral, um patamar bem mais baixo de utilização de patentes americanas que as outras indústrias.

5. O ARCABOUÇO TEÓRICO

It is quite wrong to try founding a theory on observable magnitudes alone.. It is the theory which decides what we can observe.

Einstein, A. (1971) apud Jones, C. (1998).

O modelo desenvolvido nesse capítulo investiga a importância da mudança tecnológica para o crescimento do setor industrial no Brasil. Serão usados os dados dos setores da indústria, com o objetivo de se estimar a função de produção agregada.

Para separar os efeitos da mudança tecnológica do impacto do aumento das quantidades dos insumos, é preciso utilizar-se de um arcabouço teórico. A função de produção possibilita separar esses impactos e com esse objetivo foram selecionadas as variáveis apresentadas no capítulo anterior.

5.1 Formulação do Modelo de Função de Produção

Na estimação das funções de produção setoriais, será adotada uma única equação que permite lidar com as diferenças, possivelmente existentes, nos níveis de tecnologia adotados em cada setor e ao longo do tempo. Será estimada uma forma funcional que, acredita-se, permite obter o impacto, nas funções de produção setoriais, das mudanças tecnológicas ocorridas nos setores ao longo do tempo.

A hipótese que está sendo utilizada, é a de que os conceitos básicos da teoria da produção, usados na análise da empresa, podem ser também aplicados à função de produção agregada setorial, que pode ser estimada com o objetivo de estudar as diferenças de produtividade entre setores da economia.

Nas próximas seções, serão descritos: o conceito de função de produção, suas propriedades, a forma funcional adotada para essa função e alguns resultados que podem ser obtidos através de sua estimação.

5.1.1 Conceito de função de produção

A empresa, em determinado setor de atividade, ao decidir sobre o quanto produzir e o quanto utilizar de cada insumo, está restrita pelo seu conjunto das possibilidades de produção. O conjunto das possibilidades de produção, de cada empresa, descreve as diversas quantidades de produto que podem ser atingidas (que são viáveis), para cada combinação de insumos utilizada, por unidade de tempo.

O conjunto das possibilidades de produção depende da tecnologia disponível em um determinado momento. O progresso técnico expande o conjunto das possibilidades de produção da empresa, permitindo novas combinações de insumos e/ou novos níveis de produção, dadas certas combinações desses insumos.

A função de produção é o subconjunto do conjunto das possibilidades de produção que permite obter a quantidade máxima de produto, por unidade de tempo, para cada combinação de insumos empregada neste mesmo período. Ela descreve a relação física entre insumos e produto, mostrando a taxa máxima pela qual os recursos são transformados em produto³² por unidade de tempo.

Se a empresa está maximizando o lucro, ela sempre produzirá a quantidade máxima de produto possível dada a combinação de insumos escolhida (se a quantidade produzida não é aleatória). Portanto, a função de produção representa os diversos processos produtivos que podem ser escolhidos pela empresa, dada uma certa tecnologia. Ela pode ser representada através de uma tabela, contendo a lista de combinações de insumos e produto, através de um gráfico ou através de uma equação.

Nessa tese, pretende-se obter, estimando-se uma única equação, as funções de produção setoriais estáticas (válidas para determinado estado das artes) e o impacto na produção, resultado das mudanças tecnológicas, ocorridas nos diversos setores ao longo do tempo.

³² A função de produção descreve, por exemplo, como os insumos (escavadeiras, moinhos, engenheiros e operários) se combinam para produzir minério de ferro aglomerado como *pellet*.

Genericamente falando, será estimada a seguinte equação:

$$Y_{it} = f(x_{i1}(t), x_{i2}(t), \dots, x_{in}(t), t, i) \quad (1)$$

onde:

Y_{it} = quantidade produzida no setor i , no período de tempo t ;

$x_{ij}(t)$ = quantidade utilizada do insumo " j " no setor " i ", no período de tempo t

A equação (1) tem como argumentos " t " e " i ", indicando que, quando a quantidade utilizada dos insumos é a mesma, a quantidade produzida pode ser diferente, se for considerado um mesmo setor em instantes de tempo diferentes ou setores diferentes num mesmo instante de tempo.

Portanto, a função de produção acima é uma extensão da função de produção tradicional estática, na medida em que sumariza, também, as informações sobre as inovações entre setores a cada intervalo de tempo.

Para se estimar a equação (1) é preciso especificar a sua forma funcional, indicando como as inovações tecnológicas e as variáveis independentes afetam a variável dependente. Para selecionar a forma funcional, algumas características desejáveis da função de produção estática precisam ser conhecidas.

5.1.2 Propriedades desejáveis da função de produção (estática)

Dentre as propriedades desejáveis da função de produção, encontra-se a que diz que, para se produzir uma quantidade positiva de produto, são necessárias quantidades positivas de insumos (não são considerados os bens públicos³³ como estradas e pontes).

Outra propriedade é que a Pmg_{xi} -produtividade marginal dos insumos³⁴-deve ser positiva. Enquanto ela for positiva, mais produto pode ser obtido com o acréscimo de mais 1 unidade do insumo na produção.

Suponha que numa mina de talco haja, inicialmente, 10 empregados para minerar, a PMg é o acréscimo, na produção, por cada novo empregado

³³ É aquele que é encargo do governo e é não - rival e não - excludente.

³⁴ A produtividade marginal de um insumo é igual à variação na produção quando se aumenta a quantidade do insumo de 1 unidade, mantendo-se, constante, a quantidade dos outros insumos.

que for contratado. Enquanto for positivo este acréscimo, ou seja, existe aumento na produção da mina, pode valer a pena contratar novos empregados.

É importante também que a função de produção satisfaça à lei dos rendimentos físicos marginais decrescentes. Essa lei descreve a limitação básica do processo de produção, indicando que sempre existirá uma quantidade utilizada de insumo além da qual a Pmg_{xi} diminui à medida em que se incrementa a sua utilização, mantendo-se constante a quantidade dos demais insumos.

Voltando ao exemplo da mina de talco, a lei dos rendimentos decrescentes nos mostra que, variando-se a quantidade de um insumo, ou seja, aumentando-se o número de trabalhadores e mantendo-se todos os outros insumos constantes, chega-se a um ponto além do qual a produção da mina vai crescer a uma taxa decrescente.

Uma característica importante dos processos produtivos pode ser apreendida através do conceito de retornos de escala. Esse conceito se diferencia do conceito de rendimentos decrescentes, porque, nesse caso, estamos indagando o que acontece com a quantidade produzida, quando todos os insumos são variáveis³⁵ e variam numa mesma proporção.

Considerando, novamente, o exemplo da mina de talco, caso todos os insumos como trabalhadores, escavadeiras, explosivos e reserva da mina dobrem e o produto da mina também, então, a função de produção da mina apresenta retornos constantes de escala. Caso dobrem os insumos e o produto da mina triplique, têm-se retornos crescentes de escala, por outro lado, caso dobrem os insumos e o produto da mina não dobre, ficando pouco maior que a produção anterior, têm-se retornos decrescentes de escala.

Outra característica de interesse do processo de produção é expressa no conceito de elasticidade – substituição.

Para se entender este conceito é preciso definir o que é uma isoquanta, que é o conjunto de pontos, no espaço dos insumos, com as diversas combinações de insumos que resultam num determinado nível de produção.

³⁵ Retornos de Escala é um conceito relacionado com o longo prazo, onde todos os insumos podem ser alterados e o conceito de retornos decrescentes é um conceito de curto prazo.

Por exemplo, para se produzir 100 toneladas de talco existem duas combinações possíveis dos dois insumos utilizados: uma que emprega 10 trabalhadores e 50 kg de explosivos e outra que utiliza 13 trabalhadores e 40 kg de explosivos. Essas duas diferentes combinações de insumos pertencem à mesma isoquanta, ao longo da qual são produzidas 100 toneladas de talco.

Quando há diversas combinações eficientes de insumos, ao longo de uma isoquanta, é possível se reduzir a quantidade de determinado fator de produção (operários), empregando-se uma unidade a mais de um outro fator de produção (explosivos ou uma máquina), mantendo-se o mesmo nível de produção. Essa redução é denominada de taxa marginal de substituição técnica entre insumos.

A elasticidade-substituição é a razão entre a mudança relativa no uso relativo de insumos (trabalhadores / kg de explosivos) e a mudança relativa no preço relativo dos insumos (preço do kg de explosivos/ salário), quando a empresa minimiza o seu custo, mantendo-se a produção constante. Ela, portanto, dá a sensibilidade do uso relativo dos insumos em relação a uma alteração nos preços relativos dos insumos, quando a produção é mantida constante e a firma minimiza o custo. A elasticidade-substituição assume valores não-negativos e cresce, quando aumenta a taxa marginal de substituição técnica.

Outro conceito importante na teoria da produção, que será utilizado nessa tese, é o conceito de elasticidade-produção. A elasticidade-produção de um insumo é a razão entre a porcentagem da variação na produção e a porcentagem da variação do insumo, quando a quantidade de insumo aumenta em uma unidade e a quantidade dos demais insumos é mantida constante. É fácil demonstrar que a elasticidade-produção de um insumo é igual ao Pmg do insumo dividido pelo seu PMe -produto médio-, como será visto na próxima seção.

5.1.3.A função de produção Cobb-Douglas

Entre as funções, que atendem às propriedades descritas acima, a do tipo Cobb-Douglas é a mais utilizada e pode ser descrita pela seguinte equação:

$$Y = Ax_1^{\alpha_1} \cdot x_2^{\alpha_2} \dots x_n^{\alpha_n} \quad (3)$$

onde: $A > 0$ e todos os expoentes são não-negativos.

Essa função é homogênea o que possibilita uma fácil determinação das economias de escala. Caso $\sum \alpha_i = 1$, existem retornos constantes de escala, se $\sum \alpha_i > 1$, existem retornos crescentes de escala e se $\sum \alpha_i < 1$, os retornos de escala são decrescentes.

Outra característica importante da função de produção Cobb-Douglas é que ela apresenta elasticidade de substituição constante e igual a 1 entre os insumos ao longo da isoquanta.

Seja EP_{x_i} a elasticidade-produto do fator x_i definida na seção anterior. Então:

$$EP_{x_i} = \delta Y / \delta x_i \cdot x_i / Y \quad (4)$$

onde: $\delta Y / \delta x_i = PMg_{x_i}$ (produto marginal do fator de produção x_i);

$Y/x_i = Pme$ (produto médio do fator de produção x_i).

Observe-se que,

$$PMg_{x_i} = \delta Y / \delta x_i = \alpha_i A x_1^{\alpha_1} \cdot x_2^{\alpha_2} \dots x_i^{\alpha_i - 1} \dots x_n^{\alpha_n} = \alpha_i Y/x_i \quad (5)$$

Substituindo (5) em (4), obtém-se:

$$EP_{x_i} = \alpha_i Y/x_i \cdot x_i/Y = \alpha_i \quad (6)$$

Portanto, os expoentes dos fatores de produção da função Cobb-Douglas são as elasticidades-produção desses fatores, e a soma dessas elasticidades determina os retornos de escala.

A função de produção Cobb-Douglas, apresentada na equação (3) é uma função de produção estática. Para aproximá-la da equação (1), é preciso considerar-se o fator tempo e as diferenças setoriais.

A função de produção consistente com a equação (1) constitui o instrumento conceitual básico para analisar os fenômenos relacionados ao crescimento econômico. A teoria moderna do crescimento econômico liga o processo de crescimento ao crescimento populacional, à acumulação de capital e à mudança tecnológica.

As mudanças tecnológicas do tipo neutro³⁶ podem ser representadas por mudanças, ao longo do tempo e entre setores, no termo constante (A) da função de produção Cobb-Douglas e não afetam a taxa marginal de substituição entre insumos. O progresso tecnológico ocorre quando o coeficiente A aumenta, ou seja, quando a mesma quantidade de insumos passa a estar associada a um nível de produção mais alto.

O progresso técnico ou a mudança tecnológica, em geral, são definidos como o crescimento do produto que não pode ser explicado pelo aumento da utilização de insumos.

O progresso técnico, nesse caso, é o resíduo entre a produção efetivamente observada e aquela que seria esperada, em decorrência do aumento no emprego dos fatores de produção. Esse resíduo seria uma decorrência da maior eficiência na utilização dos insumos.

O grande problema com essa definição decorre da dificuldade de se eliminar, desse resíduo (acréscimo não justificado), a parcela que resulta de erros de medida nas variáveis do modelo e de erros decorrentes da omissão de variáveis importantes do processo de produção.

Griliches foge dessa medida simplista de mudança tecnológica. Em diversos trabalhos pioneiros, ele utiliza, como instrumento para se medir progresso técnico, variáveis correlacionadas com a mudança tecnológica. Por exemplo, ele sugere que o nível de gastos públicos, com pesquisa e extensão em agricultura, é uma boa aproximação (*proxy*) para se medir o impacto da mudança tecnológica no setor rural. No capítulo 2 dessa tese, foram analisados diversos trabalhos que utilizam abordagens semelhantes.

5.1.4 O Modelo

A partir da função de produção, do tipo Cobb-Douglas, se chega a uma forma explícita para a equação (1). A equação resultante será utilizada para descrever e avaliar a evolução do processo produtivo dos diversos setores da Indústria no Brasil, no período de 1988 a 1995 e é apresentada a seguir:

$$Y_{it} = A_i T_{it}^{\alpha_1} P_{it}^{\alpha_2} N_{it}^{\alpha_3} E_{it}^{\alpha_4} C_{it}^{\alpha_5} R_{it}^{\alpha_6} e^{\alpha_7 B_{it}} e^{\alpha_8 U_{it}} e^{\alpha_9 D_{1i}} e^{\alpha_{10} D_{2i}} e^{\varepsilon_{it}} \quad (7)$$

³⁶ Conhecida como tecnologia Hicks Neutra.

Onde:

Y_{it} = Valor real da produção de bens finais do setor i , no ano t ;

A_i = Intercepto específico do setor i ;

T_{it} = Ativo real total do setor i , no ano t ;

P_{it} = Número de trabalhadores na produção no setor i , no ano t ;

N_{it} = Número de trabalhadores em atividades administrativas no setor i , no ano t ;

E_{it} = Valor real do consumo de energia elétrica no setor i , no ano t ;

C_{it} = Valor real do consumo de combustíveis no setor i , no ano t ;

R_{it} = Royalties pagos pelo setor i , no ano t ;

B_{it} = Patentes de domiciliados no Brasil referentes ao setor i , no ano t ;

U_{it} = Patentes americanas no Brasil referentes ao setor i , no ano t ;

D_1 = variável *dummy*³⁷ para 1989;

D_2 = variável *dummy* para 1991

ε_{it} = distúrbio referente ao setor i , no ano t ;

Calculando o logaritmo da equação (7), temos uma equação linear que pode ser estimada, utilizando os métodos de estimação, descritos na próxima seção.

$$\begin{aligned} \text{Log } Y_{it} = & \log(A_i) + \alpha_1 \log(T_{it}) + \alpha_2 \log(P_{it}) + \alpha_3 \log(N_{it}) + \alpha_4 \log(E_{it}) + \\ & \alpha_5 \log(C_{it}) + \alpha_6 \log(R_{it}) + \alpha_7 B_{it} + \alpha_8 U_{it} + \alpha_9 D_1 + \alpha_{10} D_2 + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (8)$$

5.2 Métodos de Estimação da Função de Produção

A amostra, utilizada na estimação da função de produção, combina dados coletados anualmente (série de tempo) com dados coletados num

³⁷ Variáveis podem ser quantitativas (pessoal na produção, consumo de energia, etc) e qualitativas ou *dummies* (sexo, raça, ano de 89 ou não)

mesmo instante de tempo (corte transversal), para os diversos setores da indústria.

Quando os dados disponíveis são coletados nestas duas dimensões, diz-se que os dados disponíveis formam um **painel**. Existem técnicas econométricas desenvolvidas especialmente para se obter estimadores adequados dos parâmetros do modelo, quando se dispõe desse tipo de dado. Estas técnicas serão descritas nesta seção.

Um dos problemas comuns, envolvendo a análise de funções de produção, é a dificuldade em separar economias de escala de mudança tecnológica. Com os dados em **corte transversal**, obtêm-se, somente, informações sobre economias de escala, enquanto que com os dados em **séries de tempo**, extrai-se uma mistura desses dois efeitos.

Ao se utilizar dados em **painel**, há maior flexibilidade na modelagem das diferenças existentes entre as unidades observadas. No entanto, é preciso se ter uma amostra grande, bastante informativa a respeito dos parâmetros a serem estimados. Outra vantagem dos dados em **painel**, em relação aos da **série temporal** ou aos do **corte transversal**, é a ampliação dos graus de liberdade obtida pelo número maior de observações, reduzindo-se a colinearidade entre as variáveis e melhorando-se as estimativas. A utilização das duas dimensões (temporal e corte transversal) citadas permite, também, controlar, de maneira mais natural (sem precisar utilizar instrumentos ou defasagens), os efeitos de falta de informações ou da existência de variáveis não observadas.

Nesta tese, serão utilizadas 9 variáveis de 21 setores da indústria brasileira, coletadas nos anos de 1988, 1990 e 1995. Portanto, a amostra consta de 63 observações e a metodologia de estimação adotada é a adequada para dados em **painel**.

Esta metodologia será descrita a seguir.

Seja:

$$y_{it} = \text{Log}(Y_{it});$$

$$a_i = \text{Log}(A_i);$$

$$\alpha' = [\alpha_1 \ \alpha_2 \ \dots \ \alpha_8] ;$$

$$x_{it} = [\log(T_{it}) \ \log(P_{it}) \ \log(N_{it}) \ \log(E_{it}) \ \log(C_{it}) \ \log(R_{it}) \ B_{it} \ U_{it}]$$

$$\gamma_t = [\alpha_9 \ \alpha_{10}] \cdot [D_1 \ D_2]' ;$$

Com essa nova notação, o modelo expresso na equação (8) pode ser representado pela seguinte equação:

$$y_{it} = a_i + \alpha' x_{it} + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

onde: o vetor x_{it} é composto por 8 regressores (número de variáveis independentes sem contar as *dummies*); o vetor γ_t capta o efeito de mudanças tecnológicas, medidas pelas variáveis *dummies*, ocorridas ao longo do tempo e não é específico por setor; o efeito de níveis tecnológicos, diferentes nos diversos setores, é captado pelo termo escalar a_i , que é constante no tempo e específico para cada unidade em **corte transversal**, isto é, específico para cada setor.

Esse é o modelo denominado LSDV - *Least Squares Dummy Variable Model* por GREENE(1997). Nesse modelo, os efeitos setoriais são fixos e captados através de a_i , que é um termo constante específico para cada setor. A abordagem, com efeitos aleatórios, define a_i como um distúrbio específico, embora extraído de uma distribuição de probabilidade comum a um determinado setor e independente do tempo. Ao contrário do erro ε_{it} , a_i é independente do tempo.

5.2.1 Efeitos Fixos

O modelo assume que as diferenças, envolvendo eficiência técnica entre as unidades (setores), podem ser medidas através do intercepto a_i . Também é possível que as inclinações (os α s) variem entre os setores, mas essa hipótese não será investigada nessa tese.

Portanto, cada a_i em (10) é um parâmetro a ser estimado. Sejam: y_i o vetor que contém as T observações sobre a variável dependente y do setor i (y_{it} , $t=1, \dots, T$) e x_i a matriz que contém as T observações sobre o vetor de variáveis independentes x para o setor i (x_{it} , $t=1, \dots, T$), $\gamma = [\gamma_1 \ \gamma_2 \ \dots \ \gamma_T]'$ e seja ε_i o vetor de erro $T \times 1$ associado. Assumindo que existam n setores diferentes, pode-se escrever (10) da seguinte maneira:

$$y_i = \mathbf{i} a_i + \mathbf{x}_i \alpha + \gamma + \varepsilon_i \quad (10)$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{0} & \cdot & \cdot & \cdot & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{i} & \cdot & \cdot & \cdot & \mathbf{0} \\ & & & & & \\ & & & & & \\ & & & & & \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdot & \cdot & \cdot & \mathbf{i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ a_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \mathbf{x}_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \mathbf{x}_n \end{bmatrix} \alpha + \begin{bmatrix} \gamma \\ \gamma \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \gamma \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

ou, de maneira mais condensada³⁸

$$y = D.a + X\alpha + \Gamma + e \quad (11)$$

Este é um modelo de regressão clássico, nenhum resultado adicional é necessário para a análise. Se n for pequeno o suficiente, o modelo pode ser estimado por mínimos quadrados ordinários (OLS) com K regressores para cada um dos n setores da indústria, como uma regressão múltipla com $n + K$ parâmetros.

5.2.2 Efeitos aleatórios

O modelo com efeitos aleatórios trata os termos específicos de cada setor, como sendo distribuídos, aleatoriamente, entre as unidades de **corte transversal**. Esta abordagem é diferente da anterior, na medida em que, no modelo de efeitos fixos, assume-se que as diferenças, entre estas unidades, possam ser vistas como mudanças paramétricas da função de regressão.

Portanto, reformulando o modelo:

$$y_{it} = \beta + \gamma_t + \alpha' x_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

Onde: o componente μ_i é o distúrbio aleatório, caracterizando a i -ésima observação e é constante no tempo; há um termo, β , constante independente do tempo e do setor. Assumiremos que ε_{it} e μ_i possuem média zero e variâncias σ_ε^2 e σ_μ^2

³⁸ Essa notação será utilizada no teste que será feito na próxima seção

Algumas hipóteses adicionais são também necessárias:

$$E(\mu_j, \varepsilon_{it}) = 0, \text{ para todo } i, t \text{ e } j;$$

$$E(\mu_i \mu_j) = 0, \text{ para } i \neq j;$$

$$E(\varepsilon_{it}, \varepsilon_{js}) = 0, \text{ para } t \neq s \text{ e } i \neq j;$$

Como os parâmetros σ_ε^2 e σ_u^2 não são conhecidos, as variâncias dos distúrbios devem ser estimadas em primeiro lugar, para em seguida utilizar-se o procedimento FGLS³⁹-*Feasible Generalized Least Squares*, ou seja, o procedimento de mínimos quadrados generalizados que é possível nesse caso.

Somando-se a equação (12), ao longo do tempo, e tomando-se a média, obtém-se:

$$\bar{y}_i = \beta + \bar{\gamma} + \alpha' \bar{x}_i + \mu_i + \bar{\varepsilon}_i$$

Os desvios em relação às médias setoriais removem a heterogeneidade:

$$y_{it} - \bar{y}_i = \gamma_t - \bar{\gamma} + \alpha' (x_{it} - \bar{x}_i) + \varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_i$$

Estimando-se a equação (9) (modelo com coeficientes fixos-LSDV) pode-se obter estimativas de α' e de γ_t e, portanto, de ε_{it} (e_{it}). As estimativas de ε_{it} (e_{it}) permitem obter-se um estimador para σ_ε^2 (variância do erro), que é:

$$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T (e_{it} - \bar{e}_i)^2}{nT - n - K}. \quad (13)$$

Seja $v_i = \mu_i + \bar{\varepsilon}_i$ e seja $\hat{\sigma}^2 = (\sum_{i=1}^n v_i^2) / (n - K)$ então, como mostrado por GREENE (1997), o estimador da variância de μ , pode ser definido como

$$\hat{\sigma}_u^2 = \hat{\sigma}^2 - \frac{\hat{\sigma}_\varepsilon^2}{T}. \quad (14)$$

Após estimar estes dois parâmetros, aplica-se o procedimento FGLS, conforme explicado em Greene. Utilizou-se o programa de computador Eviews para estimar os modelos apresentados no ANEXO 4.

³⁹ FGLS – Feasible Generalized Least Squares – segundo GREENE(1997) quando a variância dos componentes é conhecida usa-se GLS (Generalized Least Squares).

Através do método de regressão de OLS - mínimos quadrados ordinários, foram estimadas, combinando-se os anos 1988-90-95, oito equações com efeitos fixos e, através de GLS -mínimos quadrados generalizados, foram estimadas oito equações com efeitos aleatórios. O total de observações para os 21 setores da indústria em três anos foi de 63.

5.3 Teste Estatístico

Nesta seção, aplica-se o teste de multiplicadores de Lagrange, proposto por Breusch e Pagan e descrito em GREENE (1997), para testar qual dos dois modelos é o mais adequado: o de efeitos fixos ou o de efeitos aleatórios. O teste se baseia nos resíduos do modelo LSDV descrito anteriormente.

As hipóteses nula e alternativa do teste são:

$$H_0: \sigma_u^2 = 0 \text{ (efeitos fixos)} \text{ e } H_a: \sigma_u^2 \neq 0 \text{ (efeitos aleatórios).}$$

Utilizando-se a notação adotada na equação (11), a estatística do teste é dada por :

$$LM = [nT/(2T-2)].[(e'DD'e/e'e)-1]^2 = 5,25$$

Sob a hipótese nula, a estatística anterior tem distribuição Chi-quadrado com um grau de liberdade. Portanto, recusa-se a um nível de significância menor do que 2,5%, a hipótese nula de ausência de efeitos aleatórios. Portanto, recusa-se os efeitos fixos e aceita-se os efeitos aleatórios. (Ver teste no ANEXO 5)

5.4 Estatísticas Descritivas

As tabelas no ANEXO 6 apresentam os valores da média, desvio padrão e coeficiente de variação, assim como os valores máximos e mínimos de cada uma das variáveis, tanto na dimensão temporal como na dimensão transversal.

Considerando o comportamento das variáveis analisadas, para cada setor da indústria ao longo dos sete anos estudados, ou seja, a dimensão temporal dos dados, verificamos que não existe grande variabilidade nos valores das variáveis.

Quase todos os setores têm coeficiente de variação entre 0,10 e 0,30, somente a variável valor real do consumo de combustível apresenta vários setores com coeficiente entre 0,30 e 0,50. As demais variáveis apresentam uma relativa estabilidade.

Não existem grandes oscilações na dimensão temporal no mesmo setor através dos anos, tendo em vista os valores máximos e mínimos e as médias para cada setor dos dados de cada variável. Isto é, considerando a variável valor real da produção de bens finais, ao longo dos sete anos estudados, não houve grandes variações de ano para ano em cada um dos 21 setores.

Por outro lado, considerando a dimensão transversal dos dados, ou seja, o comportamento das variáveis descritas para todos os 21 setores em cada um dos anos, existe uma grande variabilidade entre setores para cada ano, observando os coeficientes de variação, quase todos superiores a 1 (um).

5.5 Medidas de Inovação Tecnológica por Setores da Indústria

A função de produção estimada com os melhores resultados foi uma equação com efeitos aleatórios, onde todos os coeficientes das variáveis são altamente significativas. Trata-se da equação nº 7 no ANEXO 7, onde estão todas as demais equações estimadas.

O coeficiente da variável ativo real total, em todas as equações (efeitos fixos e aleatórios), não se pode recusar que seja igual a zero. O coeficiente da variável valor real do combustível apresentou sinal negativo, além de não ser, significativamente, diferente de zero. Outro coeficiente de variável que apresentou sinal negativo, em quase todas equações onde foi estimada, foi de patentes de domiciliados no Brasil.

Nas regressões com efeitos fixos, as variáveis *dummies* permitem à função de produção ter um intercepto diferente para cada ano e, ao mesmo tempo, os demais coeficientes são constantes ao longo do tempo. Para os coeficientes da variável D91(*dummy* para diferença entre anos 91-95) e D89 (*dummy* para diferenças entre anos 88-90), pode-se recusar que sejam iguais a zero em todas as equações, tanto para as equações com efeitos fixos quanto às com efeitos aleatórios.

A tabela, a seguir, apresenta a função de produção estimada com efeitos fixos e aleatórios para os setores da indústria.

Tabela 5.01: Estimativa de funções de produção para os setores da indústria

	Anos	Const. ⁴⁰	Pessoal produção	Pessoal Adm.	Energia	Patentes USA	D89	D91	r ²
Efeitos Fixos	88-90-95		0,908 (0,218) t=4,17	0,329 (0,144) t=2,281	0,538 (0,152) t=3,534	0,0005 (0,001) t=0,314	-0,22 (0,056) t=-3,93	0,259 (0,096) t=2,756	0,99
Efeitos Aleatórios	88-90-95	3,282 (0,632) t=5,19	0,213 (0,095) t=2,233	0,561 (0,106) t=5,297	0,302 (0,069) t=4,382	0,002 (0,001) t=2,647	-0,152 (0,051) t=-2,96	0,152 (0,057) t=2,663	0,98

O coeficiente das variáveis, que se mostraram significantes são: trabalhadores na produção, trabalhadores na administração, valor real da energia, patentes americanas e as duas *dummies* para tempo, considerando efeitos fixos e a constante e o estimador μ_i para o efeitos aleatórios.

Na função de produção Cobb-Douglas, os interceptos (a_i , μ_i e β) são uma medida de inovação tecnológica e dão o nível de progresso técnico de cada setor da indústria, pois descrevem a tecnologia através da qual variáveis como energia, trabalhadores e outros insumos, se transformam em produto e/ou valor da produção de bens finais. A tabela, a seguir, apresenta essa medida, para os efeitos fixos e aleatórios para cada setor da indústria brasileira.

⁴⁰ É o termo constante, o intercepto (a) da função de produção,

Tabela 5.02: Medida de inovação tecnológica - nível

	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios
	Intercepto (a_i)	$\beta = 3,282$ U_i
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral		
Extração de Minerais Metálicos	-3,994	0,26
Extração de Minerais Não Metálicos	-4,008	-0,17
Fabricação de Cimento e Clinquer	-3,657	0,06
Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento	-3,464	0,16
Fabricação de Vidro	-3,741	0,14
Fabricação outros produtos Minerais Não metálicos	-5,146	-0,11
Siderurgia	-5,336	0,05
Metalurgia dos Não Ferrosos	-4,965	-0,01
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	-4,722	-0,26
Fabricação de outros produtos Metalúrgicos	-5,14	-0,02
Outras Indústrias		
Máquinas e Equipamentos	-5,142	-0,04
Elétrica, Eletrônica e de Comunicação	-4,894	0,13
Transporte	-5,044	0,36
Madeira	-5,344	-0,15
Papel e Gráfica	-5,292	-0,1
Borracha e Plástico	-5,245	-0,1
Química	-4,974	0
Produtos Farmacêuticos	-3,607	0,39
Têxtil	-6,342	-0,13
Produtos Alimentares	-6,04	-0,12
Diversas	-4,251	-0,2

Deslocamentos da função de produção são, no caso de efeitos fixos, a constante estimada para cada setor da indústria brasileira (a_i), e, no caso de efeitos aleatórios, além β (que não varia no tempo), o termo μ_i que é uma medida de variabilidade entre os setores.

Outra medida mais completa de inovação tecnológica inclui a informação sobre o efeito das patentes e sua evolução no período estudado –1988-1990-1995. Essa medida, apresentada na Tabela 5.03, foi construída a partir da estimativa de efeitos aleatórios e obtida, somando-se o intercepto β , μ_i (que varia para cada setor da indústria) e o coeficiente estimado da variável *patente*

americana no Brasil multiplicado, pela proporção de patentes por setores de indústria⁴¹.

Tabela 5.03: Medida de inovação tecnológica - evolução

	1985	1990	1995
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral			
Extração de Minerais Metálicos	3,6435	3,6467	3,5948
Extração de Minerais Não Metálicos	3,2135	3,2167	3,1648
Fabricação de Cimento e Clinquer	3,4226	3,4062	3,4015
Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento	3,5226	3,5062	3,5015
Fabricação de Vidro	3,5026	3,4862	3,4815
Fabricação outros produtos Minerais Não metálicos	3,2526	3,2362	3,2315
Siderurgia	3,3806	3,3901	3,3699
Metalurgia dos Não Ferrosos	3,3109	3,3241	3,3016
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	3,1980	3,1659	3,1533
Fabricação de outros produtos Metalúrgicos	3,4380	3,4059	3,3933
Outras Indústrias			
Máquinas e Equipamentos	3,6675	3,5186	3,5286
Elétrica, Eletrônica e de Comunicação	3,9770	3,8302	3,9370
Transporte	3,9778	3,8782	3,8802
Madeira	3,1641	3,1547	3,1564
Papel e Gráfica	3,3005	3,3207	3,3334
Borracha e Plástico	3,4812	3,4704	3,4170
Química	3,9099	3,8673	3,8264
Produtos Farmacêuticos	3,8480	3,8368	3,9285
Têxtil	3,2786	3,2469	3,2450
Produtos Alimentares	3,2657	3,2647	3,2991
Diversas	3,2150	3,1875	3,2179

Nas indústrias extrativas e de transformação mineral, a tendência da evolução de inovação tecnológica foi de queda. Mantiveram-se como indústrias com o maior nível tecnológico, de 1985 até 1990, apesar de queda no período, as indústrias Extrativa de Minerais Metálicos e a Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento e Clinquer

As únicas indústrias que apresentaram evolução no período, considerando as demais indústrias, foram: Produtos Farmacêuticos, Produtos Alimentares e Papel e Gráfica.

⁴¹ O intercepto que vai dar a nova medida de inovação na Tabela 5.03 pode ser escrita como $\text{Log } A_i + \mu_i + \alpha_i U_{it}$

Os resultados apresentados nas tabelas 5.02 e 5.03 possibilitam a construção de ordenamentos dos setores da indústria, por nível tecnológico, considerando também sua evolução no período de 1985 a 1995.

A tabela seguinte apresenta os dois ordenamentos, considerando o nível tecnológico (μ_i) e a evolução no período ($\log A_t + \mu_i + \alpha_t U_{itt}$), ano de 1995.

Tabela 5.04: Ordenamento das indústrias por nível e evolução tecnológica

	Efeitos Aleatórios u_i	rank	Evolução 1995	rank
Produtos Farmacêuticos	0,39	1	3,92	2
Transporte	0,36	2	3,88	3
Extração Minerais Metálicos	0,26	3	3,59	5
Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento	0,16	4	3,5	7
Fabricação de Vidro	0,14	5	3,48	8
Elétrica, Eletrônica e de Comunicações	0,13	6	3,93	1
Fabricação de Cimento e Clinquer	0,06	7	3,4	10
Siderurgia	0,05	8	3,36	11
Química	0	9	3,82	4
Papel e Gráfica	-0,1	10	3,33	12
Borracha e Plástico	-0,1	10	3,41	9
Metalurgia dos Não-Ferrosos	-0,1	10	3,3	13
Diversas	-0,2	11	3,21	17
Fabricação de Outros Produtos Metalúrgicos	-0,2	11	3,23	16
Máquinas e Equipamentos	-0,4	12	3,52	6
Fabricação de Outros Produtos Minerais Não-Metálicos	-0,11	13	3,23	16
Produtos Alimentares	-0,12	14	3,29	14
Têxtil	-0,13	15	3,24	15
Madeira	-0,15	16	3,15	19
Extração de Minerais Não-Metálicos	-0,17	17	3,16	18
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	-0,26	18	3,15	19

No primeiro ordenamento, a indústria de Produtos Farmacêuticos é a de maior nível tecnológico, seguida de Transportes e da Extração de Minerais Metálicos.

Levando-se em conta o efeito de patentes e sua evolução no período, houve uma alteração no ordenamento, pois a indústria Elétrica, Eletrônica e de Comunicações passou a estar em primeiro lugar, seguida de Produtos Farmacêuticos e Transportes. A Extração de Minerais Metálicos passou de

terceiro lugar, no primeiro ordenamento, para o quinto lugar, no segundo. A indústria de Papel e Gráfica, que antes estava em nono lugar, passou a ser a quarta colocada no segundo ordenamento.

Finalizando, nesse capítulo foram apresentadas as diferenças de nível e de evolução tecnológica, nos anos de 1985-1990-1995, entre os setores da indústria brasileira. O objetivo foi trazer subsídios, para o melhor entendimento das causas e das diferenças no crescimento econômico, entre os diversos setores industriais. O próximo capítulo, pretende analisar, do ponto de vista da inovação tecnológica, setores importantes da indústria extrativa e de transformação mineral.

6. DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E PRODUTIVIDADE: SETORES SELECIONADOS.

Nesse capítulo, é avaliado o estágio de desenvolvimento tecnológico da Indústria Extrativa e de Transformação Mineral no período de 1988 a 1995. O estudo compreende indústrias, com um certo grau de homogeneidade tecnológica quanto aos processos produtivos e seus produtos, como por exemplo as Indústrias Siderúrgica e do Alumínio. Por outro lado, compreende também segmentos industriais que apresentam diferenças quanto a tecnologia empregada.

Procurar-se-á destacar, a dinâmica da inovação no setor e o seu grau de atualização tecnológica. Cada segmento será analisado, destacando-se suas características tecnológicas e produtividade dos fatores de produção, procurando-se evidenciar o papel das empresas líderes no processo de modernização tecnológica.

Os dados utilizados nessa tese, para cada um dos setores analisados, possibilitou uma análise da produtividade dos fatores de produção : trabalho (pessoal ligado a produção e pessoal na administração) e capital (energia). O aumento de produtividade pode ser o resultado da melhor qualidade da mão de obra (educação), da utilização de máquinas e equipamentos mais eficientes, assim como de novas técnicas de gestão e de novas tecnologias

Serão analisados nesse capítulo, além da Siderurgia e da Indústria do Alumínio (classificada pelo IBGE como uma das indústrias do segmento da Metalurgia dos não Ferrosos), a Extração de Minerais Metálicos e a Indústria do Cimento (composta pela Fabricação de Cimento e Clínquer e pela a Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento, Concreto e Fibrocimento).

Dentre as indústrias extrativas e de transformação mineral foram escolhidas para essa análise aquelas que se mostraram mais inovadoras, a Indústria de Cimento e a Extrativa de Minerais Metálicos, adotando-se a medida de inovação tecnológica calculada pelo modelo apresentado no capítulo anterior.

Por outro lado, a Indústria Siderúrgica e a Metalurgia dos Não-Ferrosos foram escolhidas por apresentaram um nível baixo de inovação tecnológica.

A escolha da indústria do alumínio, dentro do segmento da Metalurgia dos Não Ferrosos, se deve ao fato que é a mais importante indústria desse setor no país⁴². Segundo DAMASCENO (1995), o Brasil apresenta grande disponibilidade de recursos minerais e capacidade de produção de metais não ferrosos, com exceção do chumbo.

As indústrias de insumos básicos, como é o caso da Siderurgia e da Indústria do Alumínio, tiveram elevados investimentos públicos no II PND- Plano Nacional de Desenvolvimento, fato que promoveu o grande desenvolvimento do setor, acompanhado de um acentuado processo de modernização tecnológica.

Em contrapartida, outros setores industriais não apresentaram o mesmo grau de desenvolvimento e de modernização tecnológica.

Segundo RANGEL e VERMULM (1992):

“Os condicionantes do processo de industrialização no Brasil formaram uma estrutura industrial muito diferenciada, com elevado grau de heterogeneidade tecnológica entre segmentos da indústria. Assim, os setores produtores de insumos básicos aparecem como os mais atualizados em termos tecnológicos porque foram os que participaram da última grande onda de investimentos da economia brasileira, enquanto que os setores produtores de bens de consumo não duráveis são os mais desatualizados”

A crise da economia brasileira nos anos 80, com a diminuição do investimento produtivo, atingiu fortemente toda indústria brasileira. No entanto, os segmentos, Siderurgia e a Indústria de Alumínio, realizaram alguns investimentos nessa década.

O cenário internacional, nos anos 80, indicava que o progresso tecnológico dos processos produtivos se encaminhava para a crescente automação e também para a difusão de novas técnicas de organização do trabalho.

⁴² Em 1988 a produção de alumínio correspondia a 52%, o cobre 12% e o zinco 13%, em 1995 o alumínio passou a 70%, o cobre para 10% e o zinco 12% (Anuário Estatístico- Setor Metalúrgico- MME, 1999)

Essas novas técnicas organizacionais estavam ainda pouco difundidas no Brasil. Em relação a automação industrial, a defasagem tecnológica da indústria brasileira, poderia, em parte, ser explicada pela reserva de mercado da informática, que contribuiu para dificultar a importação de equipamentos e manter os bens eletrônicos estrangeiros com altos preços, quando não existia correspondência em qualidade nos produtos nacionais.

No processo de modernização tecnológica, as empresas brasileiras, de maneira geral, sempre investiram poucos recursos com P&D - pesquisa e o desenvolvimento. A maneira mais comum de ter acesso à tecnologia foi e, tem sido, através de licenciamento de tecnologia no exterior.

6.1 Siderurgia

O processo siderúrgico pode ser resumido a três fases de produção: redução, refino e transformação. A fase de redução consiste em se obter o ferro gusa no alto forno através da redução do minério de ferro, o refino consiste em converter o ferro gusa em aço bruto nas aciarias e a partir deste aço bruto chega-se, através da transformação, aos laminados planos e não planos.

Os insumos básicos, na fase de redução, são o minério de ferro e o carvão mineral ou o vegetal. São grandes e de excelente qualidade as reservas brasileiras de minério de ferro, o que não ocorre com o carvão mineral. A tecnologia utilizada nesta fase, com modernos alto fornos a coque, já estava bastante atualizada tecnologicamente no período estudado.

A tecnologia de refino, utilizada no Brasil, era das mais modernas do mundo. Por outro lado, a etapa de transformação era a menos atualizada tecnologicamente, pois ainda havia pouca difusão da automação industrial, ainda sob efeito da reserva de mercado da informática.

Em análise feita COUTINHO *et al* (1993) a situação em termos do grau de difusão de processos industriais pode ser resumida em:

- “ a atualização tecnológica dos altos-fornos a coque e a carvão vegetal, assim como de quase todos os equipamentos da etapa de redução, é bastante satisfatória;

- *a siderurgia brasileira acompanhou a trajetória mundial no tocante a difusão de aciarias modernas (conversores a oxigênio e fornos elétricos a arco);*
- *a baixa difusão de lingotamento contínuo é a deficiência tecnológica mais notória da siderurgia brasileira, sendo este processo muito importante para redução de custos através de melhor aproveitamento do aço bruto;*
- *em termos de metalurgia de panela, constata-se um hiato tecnológico elevado em relação ao Japão, especialmente no que se refere às unidades de desgaseificação a vácuo;*
- *a etapa de transformação brasileira não apresenta o mesmo grau de enobrecimento que outros grande produtores mundiais.”*

No mercado internacional, a concorrência dos novos materiais indicava uma tendência para a produção de aço especiais. No entanto, o Brasil era um grande produtor de semi-acabados e de aço comum, sem a preocupação em produzir novos produtos com maior conteúdo tecnológico e maior valor agregado.

A Indústria Siderúrgica caracteriza-se por processos contínuos de produção que exigem elevadas escalas de produção e investimentos vultosos na sua implantação. É um setor intensivo em capital e com elevada concentração da produção industrial. Os fatores mais importantes da competitividade do setor são a escala de produção, o acesso a matéria-prima e a energia, além da eficiência na gestão dos processos.

O setor tornou-se prioritário no processo de privatização, por fugir das funções típicas de governo, e tendo em vista a importância das estatais na produção de aço que, no final da década de 80, era responsável por 70% da produção brasileira. O processo de privatização teve início com a USIMINAS em 1991, seguida da CSN em 1992

Segundo Baumann *et al* (2000):

“ A privatização da siderurgia deu início a um movimento de reestruturação no setor, envolvendo processos de aquisições, fusões, incorporações e internacionalização. Tais processos convergem com a tendência mundial da siderurgia de concentração e especialização, fugindo da concorrência internacional nos

mercados de commodities, caracterizado pela superoferta, protecionismo e preços em queda”

Em 1993, a indústria siderúrgica compreendia 23 empresas das quais 10 eram integradas (redução, aciaria e transformação) e as demais semi-integradas (aciaria e transformação). Em 1998⁴³, passaram a 17 as principais empresas na produção de aço bruto.

A produção de laminados em 1993 compreendia a CSN, a COSIPA e a USIMINAS na produção de planos comuns, a ACESITA em planos de aços especiais, a AÇOS VILARES, a MANNESMANN, a RIOGRANDENSE, a VILLARES METALS e a ACESITA em produtos longos de aços especiais, a EXCELL e a MANNESMANN em tubos sem costura e 13 empresas produtoras de longos comuns. Na década de 90, houve um processo intenso de concentração das empresas de produtos longos especiais e de longos comuns, sendo que, em 1998, eram somente 7 as empresas produtoras de longos comuns.

No período estudado, havia uma diferenciação entre as usinas semi-integradas de capital privado e as grandes usinas integradas, quase todas estatais. As grandes usinas produziam, basicamente, aços planos e produtos semi-acabados, concentrando-se nas primeiras fases do processo produtivo, enquanto as semi-integradas se especializaram na produção de aços não-planos, possuindo tecnologia de transformação direcionada a produtos mais sofisticados e diferenciados. O Japão e a Alemanha foram os principais fornecedores de tecnologia de aços planos e não planos, respectivamente.

Por se tratar de uma indústria madura e com tecnologia já consolidada, as mudanças técnicas no Brasil se resumiram, na maioria dos casos em aperfeiçoamento de processos, adaptações de tecnologia importada e otimização do rendimento operacional das usinas.

O desenvolvimento tecnológico do setor siderúrgico baseou-se no licenciamento de tecnologia dos países desenvolvidos. Os gastos em P&D

⁴³ Anuário Estatístico – Setor Metalúrgico, MME, 1999.

pelas empresas eram bastante modestos e não se destinavam à inovação do produto, mas ao aperfeiçoamento de tecnologias já conhecidas.

Dentre as empresas do setor, somente a USIMINAS, a CSN e a ACESITA possuíam centros de pesquisa, exclusivamente voltados para as atividades de P&D. Portanto, as siderúrgicas estatais eram as que mais investiam em inovações, as siderúrgicas privadas investiam menos e as de capital estrangeiro (MANNESMANN e BELGO MINEIRA) dependiam, inteiramente, das suas matrizes no exterior.

Os maiores gastos relativos à pesquisa da siderurgia brasileira ficavam por conta da USIMINAS, atingindo 0,6% do faturamento da empresa e que pode ser considerada uma exceção à regra. Conforme Rinaldo Campos Soares, presidente da empresa, declarou ALVES (1996), "a vocação tecnológica nasceu do acerto que foi a parceria com os japoneses, detentores da melhor tecnologia na área siderúrgica".

Após vários anos de absorção e adaptação de tecnologia, a USIMINAS passou a transferir tecnologia⁴⁴ para empresas nacionais e mesmo para outros países, como a Argentina. Além disso, nos trinta anos de operação, a empresa desenvolveu tecnologia própria, com 334 cartas-patentes solicitadas no Brasil e 191 patentes concedidas até o ano de 1994. No exterior foram depositadas 57 cartas-patentes, sendo que 23 foram concedidas até 1994. As patentes são relativas ao desenvolvimento de novos tipos de aços e também a inventos de equipamentos de manutenção e de operação.

O que pode-se notar na análise dos dados do IBGE, das variáveis selecionadas, apresentados a seguir na Tabela 6.01, é a queda acentuada de todas elas, especialmente o número de trabalhadores ligados diretamente à produção, que empregava 113.390 pessoas em 1988 e apenas 77.731 em 1995. No entanto, o crescimento da produtividade média da mão de obra diretamente ligada à produção não foi tão grande.

Por outro lado, a queda foi ainda mais dramática no pessoal administrativo que de 52.482 pessoas em 1988 passou para 19.745 em 1995,

⁴⁴ Em 1994 estavam em andamento 40 projetos de transferência de tecnologia e outros dez encontravam-se em negociação. (ALVES, 1996).

fazendo com que a produtividade média do trabalhador em atividades distintas, ditas administrativas, que exigem melhor qualificação, mais do que dobrassem.

Tendo em vista que o parque industrial permaneceu quase o mesmo no período, pode-se concluir que a Siderurgia passou por um ajuste de redução do efetivo de pessoal sem precedentes na história, principalmente, a partir de 1990, ano em que houve queda acentuada na produção como consequência da retração do consumo pós Plano Collor e, também, pelos ajustes já realizados nas empresas estatais, privatizadas ou em vias de privatização.

As estatísticas apresentam uma queda do valor real da produção de bens finais, que passou de R\$7.462 milhões de reais para R\$6.095 milhões em 1995.

Tabela 6.01: Siderurgia – variáveis selecionadas e produtividade média (1988-1990-1995)

	1988	1990	1995
1. Valor real da produção de bens finais	7.462.190	6.932.804	6.095.303
2. Pessoal na produção	113.390	114.539	77.731
Produtividade média (1/2)	66	61	78
3. Pessoal administrativo	52.482	42.470	19.745
Produtividade média (1/3)	142	163	309
4. Valor real do consumo de energia	630.885	636.569	489.975
Produtividade média (1/4)	12	11	12

Fonte: PIA-IBGE

Obs: O valor real da produção de bens finais e o valor real do consumo de energia estão em mil reais de 1995. Pessoal na produção e administrativo corresponde ao número de pessoas empregadas no setor.

Em relação a energia elétrica, os dados do IBGE mostram que o valor real do consumo de energia caiu cerca de 22%, de R\$631 milhões para R\$490 milhões em 1995. No entanto, a produtividade média da energia permaneceu constante no período, apesar da otimização dos processos de produção, como o executado pela USIMINAS, que através de um sistema de gerenciamento e de um programa de racionalização de energia, a médio e longo prazo, implantados no início dos anos 80, apresentou uma queda no consumo global de energia, e uma redução ainda mais drástica do consumo de óleo combustível na usina (OLIVEIRA, 1989).

O contraste era grande entre as empresas estatais, como a CSN, que em 1989 estava em agonia, com monumentais dívidas com fornecedores, linhas de produção paralisadas por falta de matéria-prima e salários com oito meses de atraso, outra, como a USIMINAS, mantinha-se como referência nacional, considerada líder do mercado de planos.

A tabela seguinte apresenta os rendimentos que cada uma das variáveis deveria obter em um situação de concorrência perfeita, através do valor da *PMg* dos fatores de produção (ver no ANEXO 8 cálculo das *Pmgs* para todos os setores da indústria brasileira).

Tabela 6.02: Siderurgia – valor da produtividade marginal, (1988-1990-1995)

	1988	1990	1995
Pessoal na produção	14,02	12,89	16,7
Pessoal administrativo	79,77	91,58	173,18
Valor real consumo energia	3,57	3,29	3,76

Fonte: elaborada pela autora a partir dos coeficientes estimados no capítulo 5.
Obs. : em mil reais de 1995.

A conclusão que se pode tirar da análise das produtividades média e marginal é que, apesar dos ajustes de pessoal e de racionalização do uso de energia, só houve crescimento de produtividade dos empregados não ligados diretamente à produção, o que indica que atividades que exigem um nível de educação mais elevado como P&D - pesquisa e desenvolvimento - e outras podem ser mais produtivas para a empresa.

O índice de produtividade internacional⁴⁵ era baixo em 1991. Entre as razões já apontadas anteriormente, como explicação da baixa produtividade da siderurgia brasileira, seria ainda a pouca difusão de automação industrial de base microeletrônica, que mantinha também baixa a produtividade do capital.

⁴⁵ Demorava-se onze horas para a produção de uma tonelada no Brasil, enquanto na Coreia do Sul este valor era de 6,7 e no Japão de 5,3 (COUTINHO, *et al*, 1993)

6.2 Indústria do Alumínio

O processo de produção do alumínio primário engloba as atividades de mineração da bauxita, a produção intermediária de alumina e sua redução eletrolítica, para a obtenção do alumínio.

A bauxita, através do processo Bayer desenvolvido em 1889, se transforma em alumina que é o óxido de alumínio. A produção de alumínio é feita a partir de eletrólise da alumina pelo processo Hall-Heroult com uma corrente elétrica contínua, de amperagem cada vez mais alta, desenvolvido em 1886. A intensidade desta corrente, medida em kilo-Amperes (kA), define a quantidade de metal depositada e tem sido continuamente aumentada desde o início do uso do processo, com o objetivo de reduzir custos de produção. Dentre os estágios do ciclo do alumínio (mineração-alumina-alumínio), o último é o mais intensivo em utilização de capital e de energia.

Na produção do alumínio, os principais insumos são a bauxita e a energia elétrica. O principal condicionante tecnológico de competitividade entre os produtores de alumínio, refere-se aos coeficientes de consumo energético e ao preço pago pela energia.

Segundo MACHADO (1985), as indústrias brasileiras de alumínio pagaram tarifas normais de energia até 1984, as mesmas da indústria em geral e puderam sobreviver e, até mesmo expandir-se, graças ao alto fator⁴⁶ de carga inerente ao processo eletrolítico.

Entretanto, para viabilizar a implantação da indústria na região Norte, que se tornou possível com a definição de grandes reservas de bauxita e com o melhor conhecimento do seu potencial hidrelétrico, o governo brasileiro passou a oferecer condições tarifárias especiais, a partir de meados da década de 70, para atrair investimentos estrangeiros. Essa decisão resultou em tarifas diferenciadas para os dois grandes projetos da ALUMAR e da ALBRAS, que entraram em operação em meados da década de 80.

⁴⁶ A redução eletrolítica da alumina dissolvida em banho ígneo de fluoretos fundidos tem a característica de ser operada sem interrupções, permitindo uso mais intensivo dos equipamentos de geração de energia. A indústria do alumínio, além disso, utiliza a energia contratada 24 horas/dia, enquanto a carga normal de domicílio e outras indústrias funciona em média um número menor de horas/dia.

Trata-se de um setor com elevada economia de escala, fator que limita a entrada de novas empresas na produção, devido ao grande investimento inicial. As tecnologias das várias etapas do processo de produção do alumínio são amplamente difundidas e já incorporadas aos equipamentos.

As empresas líderes, a nível mundial, são as responsáveis pelas inovações tecnológicas, desenvolvendo pesquisas e determinando o ritmo de sua difusão entre as empresas do setor.

Existem empresas integradas nas três etapas (mineração-alumina-alumínio), enquanto algumas têm apenas as etapas de alumina e do alumínio e outras empresas não são integradas, produzindo somente o alumínio primário.

A indústria nacional de alumínio primário está concentrada em seis empresas⁴⁷: CBA, ALCAN, ALCOA, VALESUL, ALBRÁS E ALUMAR.

A produção de alumina é feita na região Sudeste, em Saramenha e Poços de Caldas, no estado de Minas Gerais e em Alumínio, no estado de São Paulo. A produção de alumina foi iniciada em 1984 pela ALUMAR em São Luiz do Maranhão, e reforçada em 1995, pela inauguração da ALUNORTE, em Barcarena no Pará.

Em relação a atualização tecnológica, as empresas do setor que dispõem de unidades mais recentes, destinam quase toda sua produção para o mercado externo, como a ALBRÁS, ALUMAR E VALESUL. Essas empresas utilizam tecnologias mais modernas e competitivas. As unidades mais antigas como a CBA, a ALCAN e a ALCOA utilizam tecnologias ultrapassadas e menos eficientes.

As primeiras reduções de alumínio no Brasil foram instaladas, nas décadas de 40 a 60, utilizando o processo Hall-Heroult⁴⁸ com anodos Soderberg, de auto-cozimento. Essa tecnologia, que permite utilizar amperagens de até 120 kA, não é tolerada atualmente para a produção acima

⁴⁷ A CBA a ALCAN e a ALCOA são verticalizadas com as três fases, a ALUMAR tem duas fases e a VALESUL e a ALBRÁS tem somente a fase de redução.

⁴⁸ As cubas dos fornos de redução revestidos de material carbonoso para recolher o metal produzido têm os blocos de eletrodos também de carbono cobertos ou não por uma superestrutura de aço para recolher os gases de redução. Os primeiros fornos eram abertos e os efluentes eram emitidos diretamente para o ambiente. À medida que o produção aumentou, os gases foram sendo recolhidos em fornos semi-fechados e, atualmente, os fornos são inteiramente fechados.

de 100.000 t/a em um mesmo local, devido a emissões de resíduos da destilação do piche, considerados cancerígenos.

Por essa razão, os projetos mais recentes da ALBRAS e da ALUMAR, com capacidade superior a 300.000 t/a, foram projetados para usar tecnologia de anodos pré-cozidos de origem franco-nipônica e americana, respectivamente, que evitam o problema.

Também, a VALESUL, que pela sua escala inicial poderia usar a tecnologia da pasta Soderberg, optou, no entanto, pelos pré-cozidos com o objetivo de, no futuro, expandir a sua produção. Essa técnica utilizada pela VALESUL é a mesma usada pela Reynolds e da mesma geração da Pechiney, com pequena diferença na concepção do revestimento das cubas eletrolíticas de redução do alumínio.

Desde a sua inauguração, a VALESUL não tem incorporado novos desenvolvimentos tecnológicos, a não ser uma modificação nos anodos, aprimoramento que permitiu um pequeno aumento de produção.

A ALBRAS iniciou a produção de alumínio em meados de 1985, com a entrada em operação da primeira de quatro reduções, a Redução I com 240 fornos de 135 kA, semifechados. A escolha de tecnologia ultrapassada⁴⁹, feita pelo sócio japonês da ALBRAS, foi resultado da falta de experiência da CVRD, sócio majoritário brasileiro no setor de alumínio.

A tecnologia utilizada na Redução I da ALBRAS foi modificada nas Reduções II, III e IV. Essa mudança no projeto original da tecnologia Pechiney-Mitsui, originalmente francesa dos anos 60 e transferida aos japoneses, permitiu a mudança de amperagem de 135 kA para 150 kA, o que aumentou a eficiência de corrente de 88% para 92%. A adaptação dos fornos da Redução I, sem paralisar a operação, foi demorada e ocorreu de 1988 a 1992.

Não existem gastos com P&D no setor de alumínio no Brasil, pois as empresas multinacionais utilizam resultados das pesquisas de suas matrizes no exterior. As empresas de capital nacional licenciam ou se associam a

⁴⁹ A ALUMAR da ALCOA já utilizava desde 1984 fornos fechados da melhor tecnologia disponível no mercado, com fornos de 180 kA.

multinacionais. As indústrias de alumínio no Brasil sempre tiveram, como estratégia de inovação tecnológica, a transferência de tecnologia importada.

Os dados apresentados nessa tese para alumínio estão incluídos na classificação de Metalurgia dos Não-Ferrosos, do IBGE, onde também se inserem outros produtos como o cobre, silício e zinco. Considerando que a indústria do alumínio é a de maior produção deste setor⁵⁰, ao analisar-se os dados (Tabela 6.03) pode-se obter tendências da Indústria Metalúrgica dos Não-Ferrosos.

Tabela 6.03: Metalurgia dos Não-Ferrosos – variáveis selecionadas e produtividade média (1988-1990-1995)

	1988	1990	1995
1. Valor real da produção de bens finais	4.510.936	3.609.736	2.245.107
2. Pessoal na produção	58.321	53.289	31.455
Produtividade média (1/2)	77	68	71
3. Pessoal administrativo	22.490	20.250	11.825
Produtividade média (1/3)	201	178	190
4. Valor real do consumo de energia	461.107	414.471	445.657
Produtividade média (1/4)	10	9	5

Fonte: PIA-IBGE

Obs.: O valor real da produção de bens finais e o valor real do consumo de energia estão em mil reais de 1995. Pessoal na produção e administrativo correspondem ao número de pessoas empregadas no setor.

Todas as variáveis selecionadas tiveram queda no período, somente o valor real do consumo de energia não apresentou quase nenhuma alteração.

A queda no valor real da produção de bens finais ainda foi maior que a queda apresentada no setor siderúrgico. Observa-se que o número de pessoas trabalhando diretamente na produção e o de pessoas na administração caiu quase pela metade.

O número de trabalhadores ligados à produção passou de 58 mil em 1988 para 31 mil em 1995, e de 22 mil para 12 mil, entre os trabalhadores não ligados diretamente à produção. No entanto, não houve crescimento de

⁵⁰ A produção foi de 1.184.600 toneladas no total de 1.706.000 toneladas da produção total de metais Não-Ferrosos primários (Anuário Estatístico-Sector Metalúrgico- MME, 1999)

produtividade da mão de obra e sim uma discreta queda, tanto do pessoal ligado à produção quanto a do pessoal administrativo.

Apesar dos parâmetros técnicos da indústria do alumínio apontarem na direção de maiores ganhos de produtividade, decorrente de maior eficiência no uso de energia, houve uma queda significativa da *Pme* do valor do consumo de energia.

Analisando as *Pmgs* na tabela seguinte, o rendimento de cada empregado ligado diretamente à produção, deve ser muito menor do que o do empregado que tenha atividade ligada à administração da empresa.

Tabela 6.04: Metalurgia dos Não-Ferrosos – valor da produtividade marginal (1988-1990-1995)

	1988	1990	1995
Pessoal na produção	16,47	14,43	15,2
Pessoal administrativo	112,52	100	106,51
Valor real consumo energia	2,95	2,63	1,52

Fonte: elaborada pela autora a partir dos coeficientes estimados no capítulo 5.
Obs.: em mil reais de 1995.

A produtividade dos fatores analisados na Metalurgia dos Não-Ferrosos não aumentou no período estudado. Considerando os três fatores que aumentam a produtividade, a conclusão que se pode chegar é que: (1) não houve mudança na qualidade da mão de obra, (2) não houve alterações em máquinas e equipamentos (inovação embutida), (3) não houve inovação tecnológica.

6.3 Indústria do Cimento

O cimento, ou cimento *portland*, é feito a partir da mistura proporcionada de calcário e argila, que calcinada em forno rotativo produz o clínquer. O clínquer, por sua vez, é misturado com uma pequena proporção de gesso ou outros aditivos que produz o cimento.

A indústria do cimento envolve desde as atividades de extração e beneficiamento do calcário e gipsita até a produção final do cimento e, nessa

tese, inclui a fabricação de peças e estruturas de cimento, concreto e fibrocimento (conforme classificação do IBGE).

O aumento da escala de produção exige investimentos iniciais cada vez mais elevados, tanto que levou a concentração na estrutura da indústria mundial de cimento. Cada vez mais as empresas maiores detêm e obtêm vantagens econômicas em relação às menores como consequência de maior eficiência e do seu maior porte. A tendência de concentração industrial pode ser observada através da venda de instalações e da fusão das empresas pequenas.

Segundo COUTINHO *et al* (1993), desde 1981, foram desativadas 37 fornos (cerca de 12% da capacidade total) em função da queda do consumo e da defasagem tecnológica. A concentração industrial do setor também pode ser considerada como um dos fatores para a desativação dos fornos.

Ao se analisar a demanda por cimento, deve-se estudar a evolução da construção civil, que tem no cimento o seu principal insumo. Desde o final dos anos 60 até o início da década de 80, o Brasil viveu o chamado **milagre econômico**, quando houve grande incentivo à construção através do BNH - Banco Nacional de Habitação e à construção pesada, especialmente estradas, barragens, saneamento e edificações urbanas.

A queda do consumo interno aconteceu na década de 80 e causou um período de estagnação da produção de cimento no país. É importante notar que o comércio internacional do cimento é pequeno, tendo em vista o baixo valor unitário da tonelada do cimento e o alto custo do seu transporte.

No período de 1968/1980, o consumo de cimento cresceu a uma taxa média de 12%. A recessão do início dos anos 80 fez com que a construção civil se retraísse e o consumo de cimento voltasse a crescer somente, em 1986, com a implementação do Plano Cruzado.

Em 1995, o consumo de cimento apresentava níveis inferiores àqueles relativos a 1980. A ausência de investimentos em infra-estrutura, grandes consumidores de cimento, assim como falta de financiamentos oficiais para a construção de habitações refletiam a prolongada recessão econômica.

A tecnologia para a produção do cimento é amplamente difundida no mundo, no entanto, houve nas últimas décadas a substituição da tecnologia de produção por via úmida para o um novo processo por via seca⁵¹.

Segundo PROCHNIK (1998), as empresas produtoras de máquinas e equipamentos são as principais geradoras de progresso técnico, visto que a tecnologia está incorporada aos equipamentos produzidos por grandes empresas de engenharia e bens de capital. Os fornecedores desses insumos não possuem contratos de exclusividade com as firmas de cimento, o que possibilita o acesso de todos os produtores aos avanços tecnológicos, incorporados às máquinas e equipamentos.

O mesmo autor acrescenta, que:

“No entanto, se os bens de capital são disponíveis para compra no mercado internacional, a construção e aquisição a custos competitivos de uma fábrica de cimento requer uma série de conhecimentos e técnicas cuja aquisição é afetada pela escala da empresa”

A maior capacitação tecnológica é uma arma de competição entre as empresas produtoras de cimento, em todas as fases do projeto da empresa, na medida em que um maior conhecimento técnico melhora as condições para negociar com os fornecedores de equipamentos.

Segundo COUTINHO *et al* (1993), os movimentos mais importantes em relação ao desenvolvimento tecnológico na indústria do cimento no início da década de 90, podem ser resumidos nos seguintes pontos:

- *o patamar tecnológico da indústria brasileira no período estudado com relação os principais produtores internacionais podia ser diferenciado pelo grau de automação dos processos, quando existia no Brasil somente uma indústria totalmente automatizada. Toda tecnologia de processo era adquirida de fabricantes de equipamentos, em contratos que envolviam o projeto, a construção e a colocação em operação.*
- *em relação a tecnologia de produto a diferença entre as empresas no mercado nacional e as empresas líderes*

⁵¹ Em 1994, a empresa de Cimento Mauá (unidade de Arcos) ainda estava em processo de modernização do processo de produção, substituindo o processo via úmida – em extinção no mundo inteiro- por um novo forno via seca (MARQUES, M.; ALVES, F., 1993).

internacionalmente era a pequena variabilidade de produtos oferecidos.

Entre as principais modificações na economia das empresas de cimento, que se intensificou no período estudado, foi a diminuição do número de empresas nacionais de administração familiar e o aumento das empresas de capital estrangeiro.

Em relação à gestão das empresas, observa-se no período uma preocupação com a adoção de novas estratégias organizacionais, visando a obtenção de condições competitivas pela elevação da qualidade e produtividade. No entanto, na prática, verificava-se ainda uma atuação empresarial, através de métodos e técnicas gerenciais ainda bastante ultrapassados.

A indústria brasileira de cimento era composta por 62 unidades industriais⁵², sendo 56 empresas produtoras de clínquer (incluindo moagem) e 6 unidades específicas de moagem. Basicamente localizadas nos estados de São Paulo e Minas Gerais (ver lista no ANEXO 9).

Em 1995, o setor de cimento se concentrava em 18 grupos industriais, na sua maioria nacionais, sendo o grupo VOTORANTIN o mais importante com atuação através de diversas empresas e com fábricas em todo território nacional. Seguido pelo grupo JOÃO SANTOS, cuja atuação estava concentrada principalmente nos estados do Norte e Nordeste.

A análise sobre a demanda de cimento pela construção civil, que permaneceu relativamente estável após o Plano Cruzado e antes do Plano Real, corresponde aos dados da Tabela 6.05 que representam a oferta de cimento através do valor real da produção de bens finais, no período de 1989 a 1995. É importante notar que os valores apresentados nessa tabela correspondem a agregação de dois segmentos (nível 100): Fabricação de Cimento e Clínquer e Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento, Concreto e Fibrocimento.

⁵² Atualmente são 54 unidades, sendo 3 na região Norte, 12 no Nordeste, 26 no Sudeste, 5 no Sul e 6 no Centro-Oeste (dados do SNIC).

Os dados desagregados desses dois segmentos apresentam alto valor da produção de bens finais no segmento Fabricação de Cimento e Clinquer, enquanto o outro apresentou uma queda substancial (ver Anexo 2 – Tabela A).

O que confirma que houve crescimento da demanda de cimento pelo pequeno construtor, que consome o cimento e o clinquer, e não pelas grandes obras, que consomem as peças e estruturas de cimento, concreto e fibrocimento.

Tabela 6.05: Cimento – variáveis selecionadas e produtividade média (1988-1990-1995)

	1988	1990	1995
1. Valor real da produção de bens finais	1.885.388	1.763.882	1.885.434
2. Pessoal na produção	36.994	31.446	20.065
Produtividade média (1/2)	51	56	94
3. Pessoal administrativo	19.107	16.350	11.365
Produtividade média (1/3)	99	108	166
4. Valor real do consumo de energia	210.230	144.396	153.344
Produtividade média (1/4)	9	12	12

Fonte: PIA-IBGE

Obs.: O valor real da produção de bens finais e o valor real do consumo de energia estão em mil reais de 1995. Pessoal na produção e administrativo correspondem ao número de pessoas empregadas no setor.

A mão de obra, tanto do pessoal ligado diretamente à produção quanto ao administrativo, apresentava a mesma tendência de queda acentuada das indústrias já analisadas, chegando a quase metade do nível de emprego de 1988, no ano de 1995. A indústria de cimento apresentou um comportamento igual ao das indústrias Siderúrgicas e do Alumínio no tocante as variáveis de mão de obra. No entanto, de maneira distintas das demais indústrias analisadas, a produtividade média desses fatores quase dobrou entre os anos de 1988 a 1995.

Esse aumento de produtividade está ligado à inovação tecnológica, embutida na utilização de máquinas e equipamentos, assim como a inovação tecnológica representada pela passagem do processo de via úmida para o processo via seca.

O valor real do consumo de energia não apresentou grande alteração no período, havendo uma pequena queda, enquanto a produtividade média desse insumo apresentou um ligeiro aumento.

A *PMg* foi calculada para os dois segmentos separados que compõe a indústria do cimento nessa tese. A Tabela 6.06 apresenta os dados para a Fabricação de Cimento e Clinker e para os da Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento, Concreto e Fibrocimento.

Tabela 6.06: Fabricação de cimento e clínquer e Fabricação de peças e estruturas de cimento, concreto e fibrocimento – valor da produtividade marginal (1988-1990-1995)

	1988	1990	1995	1988	1990	1995
	Cimento e clínquer			Peças estruturas cimento		
Pessoal na produção	16,89	18,46	37,41	7,43	8,11	8,90
Pessoal administrativo	56,89	63,55	117,09	53,50	56,88	60,00
Valor consumo energia	3,17	3,46	4,22	18,14	46,92	34,37

Fonte: elaborado pela autora a partir dos coeficientes estimados no capítulo 5.

Obs.: em mil reais de 1995.

O rendimento da mão de obra mais qualificada do segmento da Fabricação de Cimento e Clinque deve ser bem mais elevado que do outro segmento, e apresentou um grande crescimento no período.

Para o segmento de Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento, Concreto e Fibrocimento, o rendimento da variável energia deve ser bem mais elevado do que nos outros setores analisados.

6.4 Extração de Minerais Metálicos

Trata-se, basicamente, da extração e do beneficiamento de minério de ferro e da bauxita. A PMB - Produção Mineral Brasileira - apresentou, para o ano de 1995, a produção de 248.571 mil toneladas de minério de ferro e 15.039 mil toneladas de bauxita para a produção de alumínio.

Tanto a extração de minério de ferro, quanto a extração da bauxita são indústrias intensivas em capital. O sistema de operação convencional

caracteriza-se em: mina, usina de beneficiamento, transporte (ferrovia ou mineroduto) e instalações portuárias.

Outra característica do setor é o longo período de maturação dos projetos, que requerem prospecção geológica e pesquisa tecnológica, atividades de alto risco, assim como a instalação da infra-estrutura, que pode, além de dispendiosa, implicar em longa espera para o início de operação⁵³.

Segundo o COUTINHO *et al* (1993), as principais barreiras à entrada neste setor, além do caráter institucional relativo aos direitos de lavra, são: a escala de produção, o volume de capital necessário para a implementação do projeto e o escoamento da produção.

A produção brasileira não apresenta defasagem em relação à adoção de novas tecnologias. A tecnologia utilizada na atividade de mineração, em geral, é bastante disseminada entre os produtores e no caso da mineração de minerais metálicos, tendo em vista a escala de produção, envolve tecnologia embutida de alto nível nas máquinas e equipamentos.

A extração de minério de ferro foi beneficiada por uma conjuntura favorável no mercado externo no início da década de 90, num momento de situação econômica difícil para o país.

A tabela seguinte apresenta as variáveis selecionadas para análise nessa tese. Em relação ao valor da produção de bens finais, houve uma mudança de patamar no ano de 1990, que significou um aumento de 46% em relação ao ano de 1988.

⁵³ Em Carajás, o tempo do início da prospecção ao início da operação atingiu 17 anos. (MADER, W.R.; MACHADO, I.C., 1989).

Tabela 6.07: Extração de Minerais Metálicos - variáveis selecionadas e produtividade média (1988-1990-1995).

	1988	1990	1995
1. Valor real da produção de bens finais	1.548.232	2.266.933	2.575.789
2. Pessoal na produção	28.655	24.907	19.261
Produtividade média (1/2)	54	91	134
3. Pessoal administrativo	12.592	12.272	6.479
Produtividade média (1/3)	123	185	398
4 Valor real do consumo de energia	103.396	128.407	153.734
Produtividade média (1/4)	15	18	17

Fonte: PIA-IBGE

Obs.: O valor da produção de bens finais e o valor do consumo de energia estão em mil reais de 1995. Pessoal na produção e administrativo correspondem ao número de pessoas empregadas no setor.

A mesma tendência das demais indústrias foi a de queda na força de trabalho. O pessoal, ligado diretamente à produção, diminuiu em 33%, entre o ano de 1988 a 1995, e o pessoal administrativo em 49%. No entanto, houve um aumento de produtividade excepcional tanto da mão de obra qualificada, quanto da ligada diretamente à produção. Basicamente, as mudanças na produtividade podem ser atribuídas ao aumento de eficiência das máquinas e equipamentos empregados nas grandes minerações. O valor real do consumo de energia teve um aumento gradativo, enquanto a produtividade média da energia permaneceu estável no período.

A tabela seguinte apresenta o valor das Pmgs dos insumos.

Tabela 6.08: Extração de Minerais Metálicos – valor da produtividade marginal (1988-1990-1995).

	1988	1990	1995
Pessoal na produção	11,51	19,39	28,48
Pessoal administrativo	68,98	103,63	223,03
Valor consumo energia	4,52	5,33	5,06

Fonte : Elaborado pela autora a partir dos coeficientes estimados.

Obs. : em mil reais de 1995.

6.4.1. Extração de minério de ferro

O minério de ferro é um insumo consumido, quase que inteiramente dentro do complexo siderúrgico, nas atividades de fabricação de aço propriamente dito, de ferro gusa e de ferro-ligas. Estima-se que 98% das vendas de minério de ferro são direcionados à indústria siderúrgica (COUTINHO, 1993) e fora deste complexo, à indústria do cimento.

A indústria de minério de ferro sofreu duas grandes mudanças na década de 60 e que foram: a diminuição da demanda por minério granulado e o aumento da demanda de finos e a concentração de minério de ferro de baixo teor (itabiritos). Essa última foi particularmente importante para a indústria brasileira, tendo em vista que se passou a explorar minas com baixo teor de ferro.

Outra característica da mineração de ferro era a reduzida gama de produtos ofertados pelo país, classificados em não aglomerados (*lumps*, finos e *pellet feed*) e aglomerados (*pellet* e *sinter*).

As grandes mineradoras de ferro em 1994 eram a CVRD e suas coligadas, MBR, SAMARCO, FERTECO E SAMITRI e as mineradoras de porte médio e pequeno em 1991 eram a CSN, ITAMINAS, SOCOIMEX, RIO VERDE, MANNESMANN, CORUMBAENSE E ESPERANÇA. Carajás entrou em plena produção no ano de 1988.

A SAMITRI, em 1991, teve o melhor ano de vendas na história da mineradora, principalmente no mercado externo, onde obteve um resultado recorde.

Segundo RIBEIRO e ALVES (1991), no ano anterior, o consumo foi maior que a oferta, devido a problemas em algumas minas australianas. E acrescenta que o bom resultado da SAMITRI representou o retorno dos investimentos, direcionados ao desenvolvimento tecnológico da empresa, que se empenhou na otimização do processo de recuperação de itabiritos, através de adaptações tecnológicas de instalações de beneficiamento e da introdução de novas tecnologias, como a introdução da flotação por coluna.

6.4.2 Extração de Bauxita

A bauxita é o minério de alumínio utilizado, atualmente, por quase todos produtores de alumínio primário e seus principais componentes são hidratos de óxido de alumínio, além de vários outros óxidos considerados como impurezas.

As bauxitas são classificadas em função dos hidratos (mono, di e tri) de alumínio que contêm, sendo que a maioria das bauxitas das Américas são trihidratadas, onde predomina o mineral gibbsita. Os depósitos de formação recente, usualmente encontrados em áreas tropicais, são predominantes em gibbsita.

O tratamento da bauxita é muito simples, consistindo em britar e, às vezes, lavar e secar o minério, operações que não representam dificuldades tecnológicas. Quando a bauxita precisa ser levada a regiões de baixas temperaturas e transportada por longas distâncias, reduzir a umidade é uma maneira de baixar o custo do transporte. As minas de bauxita mais importantes, em produção, são a céu aberto.

A mineração de bauxita no Brasil começou na década de 40, na região Sudeste, em escala modesta e prossegue até hoje nas regiões de Ouro Preto, Poços de Caldas e Cataguases. Essas minerações pertencem às empresas integradas produtoras de alumina e de alumínio, que produzem para o próprio consumo.

A grande mudança de escala de produção do minério se deu com a entrada em operação em 1979, na região Norte do país, da MRN – Mineração Rio do Norte. Trata-se da única grande empresa exportadora do minério, umas das maiores do mundo, que é bastante eficiente quanto ao uso de fatores de produção como mão de obra, energia e combustível.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

A inovação tecnológica é fator importante para se explicar as diferenças entre os diversos setores da indústria brasileira. Essa afirmativa pode ser constatada através da análise feita nessa tese, quando se apresenta o nível de progresso técnico de cada setor da indústria brasileira e quando se analisa a dinâmica da inovação em alguns deles.

A variável patente, utilizada como aproximação (*proxy*) para inovação tecnológica é significativa no modelo desenvolvido, quando se considera as patentes de americanos no Brasil e não as patentes de domiciliados brasileiros. O que confirma a literatura e os estudos desenvolvidos para os países em desenvolvimento, onde existe pouca geração de inovação no próprio país, mas onde a transferência de tecnologia é fator importante para o progresso técnico.

As mudanças mais importantes na política tecnológica brasileira, na última década, ocorreram na regulamentação dos contratos de transferência de tecnologia. A política controladora, anterior a 1990, passou por um processo de liberalização com alterações nas regras de relacionamento entre as empresas no Brasil e os fornecedores de tecnologia no exterior. A análise feita nessa tese, através da legislação sobre tecnologia, mostra a disposição em deslocar para o setor produtivo, a competência para investir e fortalecer a capacitação tecnológica da indústria.

Utilizando o instrumental teórico neoclássico do crescimento econômico, o nível tecnológico foi calculado através da estimativa do modelo de função de produção para os diversos setores da indústria brasileira.

Dentre as indústrias extrativas e de transformação mineral, que apresentaram níveis elevados, destacam-se a Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento, Concreto e Fibrocimento (0,16) e a Extração de Minerais Metálicos (0,26). Por outro lado, indústrias que apresentaram níveis baixos foram a Siderurgia (0,05) e a Metalurgia dos Não Ferrosos (-0,01).

A indústria extrativa mineral, assim como a de transformação mineral são consideradas maduras, possuindo tecnologias já dominadas por muitos anos e, em muitos casos, utilizadas desde o século XIX⁵⁴.

As inovações tecnológicas nessas indústrias foram introduzidas, na maioria dos casos, com o objetivo principal de reduzir custos de produção e não com outros objetivos, como o de desenvolver novos produtos e abrir novos mercados.

As indústrias de insumo básico, como Siderurgia e Metalurgia dos Não-Ferrosos, são intensivas no uso do fator capital, o que não significa que apresentam maior nível de progresso técnico. O desenvolvimento tecnológico destas indústrias no Brasil baseou-se no licenciamento de tecnologia dos países desenvolvidos, numa estratégia tecnológica de imitação e de adaptação, assim como na procura de maior eficiência dos processos produtivos, mas com pouco ou quase nenhum gasto com inovação e P&D⁵⁵. Por outro lado, as empresas multinacionais sempre dependeram da tecnologia das suas matrizes no exterior e nunca investiram em P&D no país.

No entanto, o processo de reestruturação, iniciado com a privatização do setor siderúrgico, a abertura comercial brasileira e o acirramento da competição internacional vêm contribuindo para o aumento das atividades tecnológicas das empresas. As empresas enfrentam, atualmente, um mercado de *commodities*, que cada vez mais, exige o enobrecimento do conjunto de produtos ofertados no mercado mundial.

O temor que a privatização desativasse os centros de pesquisas das estatais não se efetivou. Segundo Tigre *et al* (2000), a percentagem do faturamento das empresas aplicada em tecnologia permaneceu estável desde então, variando de 0,15% a 0,5%, houve crescimento do número de patentes registradas e aumento da qualificação dos funcionários alocados à área de P&D.

O alto nível de progresso técnico apresentado pela Indústria do Cimento, no período estudado, pode ser explicado pelo fato de que existia uma

⁵⁴ Por exemplo, o processo Bayer na produção de alumina.

⁵⁵ A exceção sendo a USIMINAS, que, após anos de absorção e adaptação, atualmente, transfere tecnologia para outros países

capacitação técnica das empresas produtoras de cimento para negociar com os fornecedores de máquinas e equipamentos, os principais geradores de inovação tecnológica do setor.

Além disto, existia um mercado bastante competitivo, onde os fornecedores não tinham contratos de exclusividade, possibilitando acesso, em igualdade de condições, dos produtores aos novos equipamentos. Ao mesmo tempo, ou seja, nos anos 80, estava em andamento um processo de substituição da tecnologia mais antiga de produção do cimento, por via úmida, para o processo por via seca.

As mudanças na economia brasileira apresentadas desde o início dos anos 90, seguem o modelo de globalização e da liberalização da economia. As empresas, de maneira geral, têm procurado se ajustar à competição internacional através de uma estratégia de especialização e de maior volume de importação, o que modernizou o parque produtivo nacional.

Para Tigre *et al* (2000),

“ O processo de especialização produtiva brasileira tornou mais competitivos os setores intensivos em escala e mão-de-obra e com baixos custos de produção. A facilidade de importação de bens de capitais e insumos críticos terminaram por estimular a modernização produtiva de setores de menor valor agregado e baixo dinamismo tecnológico.”

MATESCO (1993) também defende a tese de que a concentração dos dispêndios em atividades tecnológicas se deu nos setores produtores de bens mais intensivos, em matérias-primas de menor conteúdo tecnológico e de menor valor agregado.

Ambos estudos confirmam a presente tese que classificou a indústria Extrativa Mineral Metálica como o nível mais elevado de inovação tecnológica. A entrada em operação de Carajás e também o aumento de produção da Mineração Rio do Norte podem ser explicações para o alto nível de progresso técnico detectado pelo modelo. A inovação tecnológica incorporada às novas máquinas e equipamentos nestas duas grandes empresas podem ser considerados como fatores que explicam esta diferença.

O aumento de produtividade da mão de obra qualificada foi marcante nos setores mais inovadores, assim como, também, foi grande no setor

siderúrgico. Por outro lado, não houve aumento da produtividade dos trabalhadores, ligados diretamente à produção na Siderurgia e na Metalurgia dos Não-Ferrosos, tendo sido ela bastante significativa nos setores inovadores.

Recomendações Finais

A experiência da indústria do cobre nos Estados Unidos nas últimas décadas, relatada por TILTON e LANDSBERG (1997), apresenta algumas lições para o segmento de indústrias extrativas minerais e, por conseguinte, para o das de transformação mineral, todas elas competindo em mercados globais e procurando aumentar sua produtividade.

A mineração é considerada uma indústria com tecnologia estável, com uma forte característica que é a da utilização, no início de operação das minas, dos melhores depósitos do minério pelas companhias e pelos países produtores, o que tem, como consequência, a queda da produtividade do setor ao longo do tempo.

A indústria do cobre dos Estados Unidos foi líder na produção mundial por muitas décadas, mas perdeu competitividade durante os anos 70 e início dos 80, por diversos fatores, inclusive, a queda de produtividade. Nessa época, o governo americano negou aos produtores o pedido de proteção em relação às importações de cobre.

As opções para o setor seriam o fechamento da maioria das indústrias ou a procura de um caminho de inovações⁵⁶ que aumentasse a eficiência e a produtividade. As empresas, sem ajuda do governo, optaram pela inovação, e a recuperação foi surpreendente, sendo que atualmente o setor produz mais do que em 1970.

A procura do caminho de inovações deverá ser uma necessidade para a sobrevivência das empresas, ou grupo de empresas, no mercado extremamente competitivo e globalizado. Além das inovações, que têm como objetivo diminuir custos de produção e aumentar produtividade dos fatores, deve-se levar em conta, também, o desenvolvimento de novos produtos e a abertura de novos mercados. O setor das indústrias extrativas e de transformação mineral são importantes para o crescimento econômico e não

⁵⁶ Exemplo disso foi o processo SX-EW que diminuiu custos de capital e de operação, (TILTON E LANDSBERG, 1997)

devem estar longe dessa trajetória.

Os efeitos das mudanças, estudadas nesta tese, na política tecnológica e seus desdobramentos, merecem a continuidade dos estudos

Pretende-se dar continuidade em três linhas:

- fazer um levantamento das inovações e patentes incorporadas ao processo produtivo das empresas. Essa pesquisa, que não foi feita, devido ao pouco tempo disponível para a defesa dessa tese, deve ser realizada junto às empresas líderes dos setores analisados.
- anexar aos conhecimentos já adquiridos sobre inovação tecnológica das empresas da indústria extrativa e de transformação mineral, os dados e informações a respeito dos contratos de transferência de tecnologia. Essa pesquisa deverá ser feita no INPI. Em contacto feito com o Dr. Graça Aranha, seu diretor, há interesse sobre isto por parte desta instituição, inclusive com a disponibilidade de acesso aos seus bancos de dados.
- continuar estudos na linha de indicadores de inovação tecnológica, área na qual o MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia - tem trabalhado e pela qual mostrou interesse em conhecer o YCT e a sua metodologia.

ANEXO 1

**Taxas de crescimento médio do PIB brasileiro
desagregado por setores de atividade (1985-1995)**

**Taxas de crescimento médio do PIB brasileiro
desagregado por setores de atividade (1985-
1995)**

	1985-89	1990-94	1995
PIB	4,5	0,8	4,2
Agricultura	4,1	2,2	4,1
Indústria Mineral	3,8	1,9	3,7
Indústria de Transformação	4	-0,1	2
Construção	5,2	-0,4	-0,4
Comércio	3,6	0,9	8,5
Transportes	6,1	2,4	6,6
Comunicações	15,3	1,8	22,9
Finanças	1,1	-8,1	-8,1
Serviços e outros	5,8	1,5	4,5

Fontes: (1) colunas 1 e 2;
FERRAZ&MACHADO&SUSLICK, 1995
(2) coluna 3; FERNANDES, F, 1999. Tese de
doutorado USP

ANEXO 2

**Compatibilização do YTC, SIC
e Classificação nível 50 e 100 do IBGE**

Yale Technology Concordance	SIC (Standard Ind. Classification)	Classificação Nível 100 (IBGE)	Classificação Nível 50 (IBGE)
9. Mining	0600-0999	Extração de Minerais Metálicos Extração de Minerais Não-metálicos Extração de Petróleo e Gás Natural Extração Carvão Mineral outros Comb.	Extração Mineral, exclusive Comb. Minerais Extração Petróleo Gás Natural, Carvão e outros
39. Non-metallic minerals	3500-3599	Fabricação de Cimento e Clinker Fabr. Peças Estruturas Cimento, Concreto Fabr. Vidroe Artigos de Vidro Fabr. Outros Produtos Minerais Não-Metálicos	Fabricação de Produtos Minerais Não-Metálicos
23. Ferrous metal	2900-2949	Siderurgia	Siderurgia
24. Non-ferrous metal	2950-2999	Metalurgia dos Não-Ferrosos	Metalurgia dos Não-Ferrosos
25. Fabricated metals	3000-3099	Fabr. Fundidos e Forjados de Aço Fabr. Outros Produtos Metalúrgicos	Fabricação Outros Produtos Metalúrgicos
29. Other machinery	3100-3199	Fabr. Máquinas, Equip. inclusive Peças e Aces Fabr. Tratores, Máquinas rodov. Inclusive Peça Manutenção, reparação e instalação de máquin. Manutenção, reparação e instalação de máqui	Fabr Máquinas, Equip. inclusive Peças e Aces
11. Electrical lighthning	3330-3339	Fabr. equipamento produção distribuição energi	Fabr. Aparelhos, Equip e Material Elétrico
10. Electrical appliances	3300-3329	Fabr. Condutores, outros Materiais Elétricos	
14. Other electrical equiparr	3380-3399	Fabr. Aparelhos e Equip. elétricos, incl. Eletro	
15. Electronic equipment	3350-3359	Fabr. Material e Aparelhos Eletrônicos e Com.	Fabr. Aparelhos Eletronico e Comunicações
12. Radio and TV	3340-3349	Fabr. Receptores de TV, radio e equip. Som	
20. Transport motor vehicle:	3230-3259	Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus Fabr. de motores e peças para veículos	Fabr. Automóveis, caminhões e ônibus Fabr. Outros Veículos, Peças e Acessórios
21. Transport ships	3270-3289	Indústria naval, inclusive reparação	
22. Transport others	260-3269, 3290-329	Fabr e reparação de veículos ferroviários Fabr de outros veículos	
41. Wood	2500-2699	Indústria de madeira Indústria do mobiliário Produção de carvão vegetal	Serrarias e fabr. Artigos Madeira e Mobiliário
40. Paper	2700-2799	Fabr de celulose e pasta mecânica Fabr de papel, papelão e artefatos de papel Indústria editorial e gráfica	Indústria de Papel e Gráfica
38. Rubber and Plastic	1500-1699	Indústria da borracha	Indústria de Borracha
16. Chemicals	700-3739, 3750-379	Prod. Elementos Químicos Destilação de álcool	Prod. Elementos químicos, não-petroquímicos

	Refino de petróleo	Refino de Petróleo e Ind. Petroquímico
	Petroquímica básica e intermediária	
	Fabr de resinas, fibras artificiais e sintéticas e	
	Fabr de adubos, fertilizantes e corretivos do solo	Fabr. Produtos Químicos Diversos
	Fabr de produtos químicos diversos	
17. Drugs	3740-3749	Fabr. Prod. Farmacêuticos e Perfumaria
	Indústria farmacêutica	
	Indústria de perfumaria, sabões e velas	
38. Rubber and Plastic	1500-1699	Indústria Transf. Material Plástico
	Fabricação de laminados plásticos	
	Fabr de artigos de material plástico	
37. Têxtils	1700-2499	Indústria Têxtil
	Benef, fição e tecelagem de fibras têxteis natu	
	Fiação tecelagem fibras têxteis naturais	
	Outras indústrias têxteis	
	Fabr de artigos do vestuário e acessórios	Fabr. Artigos Vestuário e Acessório
	Ind do couro e peles e fab de artigos de viagem	
	Fabricação de calçados	Fabr. Calçados e Artigos de Couro e Peles
36. Food-others	1060-1099	Indústria do Café
33. Food-cereals and feed	1050-1059	Beneficiamento de prod. Origem vegetal
	Moagem do trigo	
31. Food-fruit and vegetable	1030-1039	Beneficiamento de prod. Origem vegetal
	Prep. Conservas de Frutas e Legumes	
	Benef. Outros Prod. Origem Vegetal	
35. Food-tobacco	1200-1299	Abate e preparação de Carnes
30. Food-meat, poultry and	1000-1029	Abate e preparação de Carnes
	Abate de animais e preparação de carnes	
	Abate e preparação de aves	
32. Food-dairy products	1040-1049	Resfriamento e preparação de Leite
36. Food-others	1060-1099	Indústria do Açúcar
	Resfriamento e preparação do leite e laticínios	Resfriamento e preparação de Leite
	Indústria do açúcar	Fabr. Refino Oleos Vegetais e Gorduras
	Fabricação de óleos vegetais em bruto	
	Refino de óleos vegetais e fab de gorduras p/alimentação	
	Fabricação de alimentos para animais	Outras Indústrias Alimentares e de Bebidas
	Outras indústrias alimentares	
34. Food-beverages	1100-1199	Indústrias Diversas
42. Other manufacturing	3920-3999	Indústrias Diversas
	Fabricação de produtos diversos	

ANEXO 3

Tabelas PIA - IBGE

TABELA A

(em mil reais de 1995)

Valor da Produção de Bens Finais	1988	1989	1990	1992	1993	1994	1995
Total Geral	152.842.506	143.680.117	162.333.371	153.616.214	137.557.505	137.433.618	145.269.867
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral	30.317.962	31.245.517	31.357.611	28.409.212	24.352.883	23.688.077	23.562.554
Exatção de Minerais Metálicos	1.548.232	1.635.153	2.266.934	3.516.308	1.957.309	2.292.372	2.575.789
Exatção de Minerais Não-Metálicos	412.934	368.440	397.961	424.669	338.823	306.607	323.947
Exatção de Petróleo e Gás Natural	3.610.624	4.734.867	5.623.649	2.604.947	2.197.150	2.018.618	1.853.205
Exatção de Carvão Mineral e Outros Combustíveis	162.391	162.116	151.212	117.470	117.267	96.265	101.789
Fabricação de Cimento e Cinquer	1.061.915	962.660	1.011.038	2.178.181	1.479.077	1.617.610	1.373.987
Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento, Concreto e Fibrocimr	823.473	830.650	752.844	538.367	479.060	516.378	511.447
Fabricação de Vidros e Artigos de Vidro	866.715	718.271	921.619	840.397	819.964	799.876	880.796
Fabricação de Outros Produtos de Minerais Não-Metálicos	3.281.258	2.728.553	2.488.461	2.215.973	2.331.805	2.298.250	2.363.317
Siderurgia	7.462.190	8.509.064	6.932.804	6.676.595	6.270.133	6.193.487	6.095.303
Metalurgia dos Não-Ferrosos	4.510.936	3.404.474	3.609.736	2.693.573	2.188.609	2.388.997	2.245.107
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	1.344.233	1.418.252	1.294.351	1.061.936	917.368	859.794	852.248
Fabricação de Outros Produtos Metalúrgicos	5.233.060	5.773.016	5.907.002	5.540.797	5.256.318	4.299.823	4.385.619
Outras Indústrias	122.524.544	112.434.600	130.975.760	125.206.002	113.204.622	113.745.540	121.707.313
Máquinas e Equipamentos	10.275.031	9.409.663	9.849.582	9.210.377	7.832.037	7.735.528	7.700.416
Elétrica, Eletrônica e de Comunicações	13.357.051	13.020.306	14.418.578	11.419.689	11.094.347	9.778.193	9.729.366
Transporte	16.527.560	14.845.518	16.302.832	16.928.180	14.586.517	16.652.638	21.301.943
Madeira	2.930.864	3.183.955	3.003.295	2.161.155	2.614.184	2.440.519	2.465.439
Papel e Gráfica	7.935.524	7.685.974	8.791.216	7.867.513	6.700.975	7.758.131	10.600.802
Borracha e Plástico	5.839.436	5.845.425	5.785.107	6.387.065	4.815.801	4.782.803	5.021.278
Química	23.372.603	18.605.174	24.120.814	24.710.746	21.889.421	20.924.514	21.164.855
Produtos Farmacêuticos	2.910.629	3.372.835	5.408.510	6.109.301	6.083.383	6.795.891	7.524.148
Têxtil	16.256.341	16.009.577	18.848.015	13.644.115	14.349.941	12.315.451	10.080.719
Produtos Alimentares	19.773.141	16.963.387	20.912.630	23.861.228	20.622.293	21.832.330	23.711.207
Diversas	3.346.361	3.492.786	3.535.180	2.906.634	2.615.722	2.729.543	2.407.140

Fonte: PIA - IBGE (vários anos)

TABELA B

	1988	1989	1990	1992	1993	1994	1995
Número de Pessoas ligadas diretamente à Produção							
Total Geral	3.411.939	3.496.748	3.102.232	2.705.775	2.648.934	2.629.440	2.369.771
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral	601.268	635.092	550.654	456.034	461.960	449.054	391.807
Extração de Minerais Metálicos	28.655	29.859	24.907	24.005	22.202	21.536	19.261
Extração de Minerais Não-Metálicos	18.315	17.172	15.294	12.001	10.814	8.972	8.280
Extração de Petróleo e Gás Natural	10.761	9.783	10.639	18.937	15.406	14.522	13.616
Extração de Carvão Mineral e Outros Combustíveis Minerais	9.807	7.558	6.688	4.206	5.233	4.391	3.866
Fabricação de Cimento e Clinquer	13.395	12.462	11.664	11.269	9.635	8.954	7.823
Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento, Concreto e Fibrocim	23.599	21.733	19.782	14.920	13.929	15.018	12.242
Fabricação de Vidros e Artigos de Vidro	19.620	20.369	18.372	15.239	15.210	15.231	13.604
Fabricação de Outros Produtos de Minerais Não-Metálico	108.269	112.849	84.856	75.318	79.053	76.568	67.145
Siderurgia	113.390	125.876	114.539	84.709	93.065	87.847	77.731
Metalurgia dos Não-Ferrosos	58.321	57.486	53.289	38.073	39.529	39.973	31.455
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	44.129	51.746	41.763	32.331	36.272	35.785	29.351
Fabricação de Outros Produtos Metalúrgicos	153.007	168.199	148.861	125.026	121.612	120.257	107.433
Outras Indústrias	2.810.671	2.861.656	2.551.578	2.249.741	2.186.974	2.180.386	1.977.964
Máquinas e Equipamentos	259.340	257.020	224.228	186.694	169.876	170.488	152.526
Elétrica, Eletrônica e de Comunicações	215.220	231.380	199.368	148.180	139.456	143.774	135.943
Transporte	286.616	306.265	283.344	239.190	256.060	257.840	232.577
Madeira	169.304	157.931	129.811	125.297	127.758	125.950	117.986
Papel e Gráfica	151.749	164.829	154.390	142.300	139.136	136.972	133.588
Borracha e Plástico	162.055	166.131	140.350	133.601	131.737	137.147	124.491
Química	182.177	179.713	160.334	154.029	138.706	136.496	122.163
Produtos Farmacêuticos	44.613	50.149	51.065	50.578	53.733	45.180	41.881
Têxtil	784.465	795.331	701.252	576.760	570.541	537.996	435.669
Produtos Alimentares	469.226	458.717	434.391	436.233	405.327	428.002	432.648
Diversas	85.906	94.190	73.045	56.879	54.644	60.541	48.492

Fonte: PIA - IBGE (vários anos)

TABELA C

Número de Pessoas na Administração	1988	1989	1990	1992	1993	1994	1995
Total Geral	1.278.620	1.292.714	1.223.081	1.013.569	977.204	919.856	856.754
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral	210.826	202.858	188.484	149.117	148.724	130.272	118.286
Extração de Minerais Metálicos	12.592	13.466	12.272	9.023	9.055	8.049	6.479
Extração de Minerais Não-Metálicos	3.943	3.691	3.834	2.956	2.961	2.742	2.188
Extração de Petróleo e Gás Natural	2.537	4.623	2.638	2.348	5.578	5.310	4.453
Extração de Carvão Mineral e Outros Combustíveis Minerais	1.362	1.429	1.120	1.187	1.281	1.070	837
Fabricação de Cimento e Clínquer	10.472	9.825	8.925	8.084	8.721	7.187	6.583
Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento, Concreto e Fibrocimento	8.635	7.648	7.425	5.261	5.609	4.674	4.782
Fabricação de Vidros e Artigos de Vidro	6.049	6.479	5.858	5.168	5.513	4.846	6.751
Fabricação de Outros Produtos de Minerais Não-Metálicos	25.993	27.343	24.495	19.628	18.315	16.980	16.418
Siderurgia	52.482	44.851	42.470	28.687	25.773	22.109	19.745
Metalurgia dos Não-Ferrosos	22.490	19.981	20.250	18.273	17.622	15.101	11.825
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	16.132	14.441	12.234	9.104	9.858	7.146	5.997
Fabricação de Outros Produtos Metalúrgicos	48.139	49.081	46.963	39.398	38.438	35.058	32.228
Outras Indústrias	1.067.794	1.089.856	1.034.597	864.452	828.480	789.584	738.468
Máquinas e Equipamentos	100.235	94.663	89.131	74.722	65.339	63.825	58.533
Elétrica, Eletrônica e de Comunicações	105.439	108.471	98.578	60.771	53.846	58.381	54.926
Transporte	101.947	102.674	96.542	74.354	68.090	68.260	55.245
Madeira	36.996	38.364	34.144	27.159	26.192	24.182	23.483
Papel e Gráfica	102.114	98.413	92.940	84.308	82.536	79.843	80.927
Borracha e Plástico	45.806	47.907	43.447	35.486	37.022	36.351	30.762
Química	140.474	139.982	123.111	99.348	105.649	97.919	85.543
Produtos Farmacêuticos	38.561	42.635	43.478	46.701	50.737	39.580	41.732
Têxtil	141.334	148.589	143.578	110.101	103.844	97.633	89.374
Produtos Alimentares	221.891	232.132	238.011	228.971	215.053	202.949	199.658
Diversas	32.997	36.026	31.637	22.531	20.172	20.661	18.285

Fonte: PIA_IBGE (vários anos)

TABELA D

(em mil reais de 1995)

Valor do Consumo de Energia	1988	1989	1990	1992	1993	1994	1995
Total Geral	4.332.214	5.089.359	3.948.864	4.121.258	4.049.145	3.936.395	3.935.065
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral	1.809.231	2.020.272	1.688.552	1.811.642	1.701.914	1.593.560	1.614.385
Extração de Minerais Metálicos	103.397	155.765	128.407	135.247	161.791	161.655	153.734
Extração de Minerais Não-Metálicos	29.283	35.663	27.568	30.151	41.296	34.739	31.808
Extração de Petróleo e Gás Natural	39.044	20.745	42.843	40.201	38.915	29.478	34.105
Extração de Carvão Mineral e Outros Combustíveis Minerais	11.390	9.562	7.410	6.584	6.488	6.151	5.401
Fabricação de Cimento e Clínquer	101.226	110.089	88.177	92.903	95.686	92.233	98.306
Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento, Concreto e Fibroc	13.709	26.399	12.442	9.335	12.297	10.973	11.393
Fabricação de Vidro e Artigos de Vidro	57.987	45.059	26.325	30.333	39.748	37.504	39.544
Fabricação de Outros Produtos de Minerais Não-Metálicos	152.243	150.717	118.072	106.473	114.328	121.113	113.800
Siderurgia	630.885	762.223	636.569	742.089	546.893	522.539	489.975
Metalurgia dos Não-Ferrosos	461.107	447.665	414.472	419.048	406.220	374.015	445.657
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	77.852	105.366	64.480	57.792	84.199	76.983	66.924
Fabricação de Outros Produtos Metalúrgicos	131.108	151.020	121.788	141.486	154.053	126.178	123.738
Outras Indústrias	2.522.982	3.069.087	2.260.312	2.309.616	2.347.231	2.342.834	2.320.680
Máquinas e Equipamentos	118.351	144.358	101.145	98.420	100.758	133.071	115.607
Elétrica, Eletrônica e de Comunicações	150.568	153.816	142.071	133.753	111.031	107.257	126.443
Transporte	196.321	320.044	186.907	187.373	209.515	243.294	264.220
Madeira	82.712	83.598	66.189	59.203	71.152	66.142	69.386
Papel e Gráfica	265.206	289.994	258.967	251.147	255.548	264.861	251.369
Borracha e Plástico	168.933	201.601	144.114	140.402	151.053	162.212	163.102
Química	643.376	716.218	523.935	523.633	536.834	443.869	446.860
Produtos Farmacêuticos	39.085	50.623	38.148	45.263	41.927	46.050	46.055
Têxtil	350.469	447.271	331.002	337.776	328.140	345.489	307.215
Produtos Alimentares	469.941	612.098	432.775	500.940	506.335	495.568	495.270
Diversas	38.020	49.464	35.059	31.706	34.939	35.020	35.153

Fonte: PIA - IBGE (vários anos)

TABELA E

(em mil reais de 1995)

Valor do Consumo de Combustíveis	1988	1989	1990	1992	1993	1994	1995
Total Geral	1.885.750	1.962.303	1.677.823	1.370.919	1.387.375	1.564.087	1.583.670
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral	1.007.598	1.081.768	892.919	558.015	492.269	664.854	706.896
Extração de Minerais Metálicos	95.182	91.338	74.867	84.102	86.654	108.851	122.704
Extração de Minerais Não-Metálicos	25.616	16.548	15.666	24.410	23.472	35.401	36.160
Extração de Petróleo e Gás Natural	15.797	36.759	5.849	14.314	13.510	19.048	20.429
Extração de Carvão Mineral e Outros Combustíveis	2.653	1.322	1.029	1.468	1.101	783	1.214
Fabricação de Cimento e Clinquer	131.742	125.544	121.410	101.125	89.295	110.529	128.626
Fabricação de Peças e Estruturas de Cimento,	7.925	11.955	5.733	7.931	8.470	6.864	11.818
Fabricação de Vidro e Artigos de Vidro	45.014	38.043	33.380	33.696	31.757	30.582	39.049
Fabricação de Outros Produtos de Minerais Não-Metálicos	163.965	163.930	158.594	118.051	105.222	125.122	139.465
Siderurgia	423.866	490.161	403.502	109.562	74.655	162.150	139.187
Metalurgia dos Não-Ferrosos	40.410	38.790	30.907	22.528	13.656	16.590	17.809
Fabricação de Fundidos e Forjados de Aço	24.246	33.327	21.970	13.761	16.064	18.678	22.680
Fabricação de Outros Produtos Metalúrgicos	31.183	34.050	20.011	27.066	28.413	30.257	27.755
Outras Indústrias	878.151	880.535	784.904	812.904	895.106	899.233	876.774
Máquinas e Equipamentos	21.217	20.645	18.543	9.258	11.141	17.446	19.071
Elétrica, Eletrônica e de Comunicações	17.672	16.519	14.835	31.089	12.408	15.045	12.849
Transporte	38.321	44.253	34.981	87.727	124.892	46.123	46.560
Madeira	16.298	28.751	11.575	19.544	21.922	21.874	19.624
Papel e Gráfica	96.522	132.721	125.915	107.458	101.060	117.170	149.198
Borracha e Plástico	32.801	33.855	29.959	28.583	27.380	35.052	41.356
Química	376.585	222.099	250.085	265.261	324.176	329.612	229.466
Produtos Farmacêuticos	10.878	29.236	19.991	11.488	11.921	12.499	13.271
Têxtil	68.793	77.904	68.086	55.882	59.108	58.524	56.108
Produtos Alimentares	192.167	252.983	202.490	192.453	186.418	238.689	283.544
Diversas	6.899	21.569	8.444	4.161	14.679	7.199	5.727

Fonte: PIA - IBGE (vários anos)

TABELA F
(em mil reais de 1995)

Ativo Total	1988	1989	1990	1992	1993	1994	1995
Total Geral	542.058.628	643.909.633	424.365.459	704.334.382	796.007.920	#VALOR!	#VALOR!
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral	138.452.561	158.426.477	108.080.711	180.897.981	178.912.090	#VALOR!	#VALOR!
Extração de minerais metálicos	29.016.517	30.057.942	21.080.045	40.222.184	39.953.807	19.630.245	18.631.674
Extração de minerais não metálicos	1.464.365	1.626.651	914.480	1.571.475	1.575.189	815.483	755.646
Extração de petróleo e gás natural	1.140.739	1.168.790	610.320	1.291.202	1.207.567	593.933	484.633
Extração de carvão mineral e outros combustíveis	12.333.672	14.731.142	9.195.969	20.113.473	21.458.688	11.560.340	11.415.649
Fabricação de cimento e clínquer	2.408.952	2.292.818	1.413.438	2.857.203	2.771.572	1.721.017	1.640.924
Fabricação de peças e estruturas de cimento,	2.985.201	3.997.876	2.717.237	3.938.686	4.213.694	2.503.431	2.218.936
Fabricação de vidro e artigos de vidro	8.999.006	10.613.900	6.025.271	10.894.629	10.739.429	5.320.233	5.316.028
Fabricação de outros produtos de minerais não metálicos	58.727.657	69.520.620	49.843.337	72.654.582	73.631.662	36.642.040	34.018.867
Siderurgia	18.473.831	21.096.146	13.731.209	23.527.862	19.530.888	10.117.128	9.815.647
Metalurgia dos não ferrosos	2.902.622	3.320.592	2.549.406	3.826.685	3.829.592	1.848.348	1.673.019
Fabricação de fundidos e forjados de aço	16.425.392	19.959.538	13.294.702	21.090.063	21.015.242	11.217.093	11.137.932
Fabricação de outros produtos metalúrgicos							
Outras Indústrias	403.606.067	485.483.157	316.284.748	523.436.401	617.095.831	293.847.267	285.953.489
Máquinas e equipamentos	28.234.866	31.084.254	18.886.831	30.368.242	29.339.694	16.195.812	15.118.675
Elétrica, Eletrônica e de Comunicações	31.367.327	37.090.576	25.748.982	35.180.642	37.907.103	22.462.945	22.841.398
Transporte	40.620.835	50.020.406	36.412.777	53.056.044	57.656.341	32.495.367	26.696.567
Madeira	11.401.234	13.065.579	8.738.314	13.013.019	15.051.661	6.834.038	7.127.990
Papel e Gráfica	32.124.372	37.414.736	25.773.445	47.804.953	45.661.156	28.002.101	29.973.237
Borracha e Plástico	16.031.769	40.309.941	13.230.593	19.336.610	24.422.435	10.450.533	9.747.753
Química	119.982.881	137.984.209	88.082.537	161.761.989	167.708.207	82.435.640	78.677.776
Produtos Farmacêuticos	8.128.129	9.620.355	7.630.321	10.936.215	12.262.918	8.111.677	9.721.801
Têxtil	40.703.510	44.205.712	32.257.444	43.659.196	88.488.407	25.878.958	24.004.069
Produtos alimentares	68.879.588	76.322.129	53.549.696	100.272.787	113.046.917	56.368.713	57.048.821
Diversas	6.131.555	8.365.259	5.973.808	8.046.705	25.550.992	4.611.484	4.995.402

Fonte: PIA - IBGE (vários anos)

TABELA G
(em mil reais de 1995)

Royalties	1988	1989	1990	1992	1993	1994	1995
Total Geral	285.286	138.020	137.255	222.655	137.821	231.284	203.270
Indústria Extrativa e de Transformação Mineral	34.092	17.918	17.755	14.598	8.768	9.833	31.069
Extração de minerais metálicos	8.918	8.294	8.692	6.009	6.667	7.498	27.451
Extração de minerais não metálicos	387	73	202	3.046	424	180	239
Extração de petróleo e gás natural	0	0	0	0	0	0	0
Extração de carvão mineral e outros combustíveis	118	84	69	80	108	92	98
Fabricação de cimento e clínquer	64	57	127	0	0	5	15
Fabricação de peças e estruturas de cimento	883	588	708	318	39	0	0
Fabricação de vidros e artigos de vidro	0	5	0	0	0	72	2.096
Fabricação de outros produtos de minerais não metálicos	178	142	239	4.912	237	347	7
Siderurgia	16.420	6.120	7.030	4	108	127	224
Metalurgia dos não ferrosos	3.669	50	28	142	49	832	379
Fabricação de fundidos e forjados de aço	82	222	145	0	0	0	0
Fabricação de outros produtos metalúrgicos	3.373	2.282	516	87	1.134	680	560
Outras Indústrias	251.194	120.102	119.500	208.057	129.053	221.451	172.201
Máquinas e equipamentos	7.907	3.801	2.892	6.135	2.337	4.039	1.243
Indústria elétrica, eletrônica e de comunicações	1.707	3.459	8.654	11.592	1.913	14.103	9.345
Transporte	2.085	2.545	2.643	4.227	2.259	1.850	1.645
Madeira	18	6	26	12	0	0	108
Indústria de papel e gráfica	3.760	3.417	766	2.264	138	556	9.794
Indústria de borracha e plástico	196	278	595	7.465	828	13	10.415
Indústria química	156.591	2.003	1.691	158.258	108.351	46.780	132.188
Indústria de produtos farmacêuticos	5	2	366	3.794	0	383	382
Indústria têxtil	437	251	1.332	374	118	477	4.131
Produtos alimentares	2.217	1.909	2.439	7.830	1.124	142.632	2.950
Indústrias diversas	76.270	102.432	98.096	6.106	11.983	10.617	0

Fonte: PIA-IBGE (vários anos)

ANEXO 4

**Resultados do Programa Eviews:
efeitos fixos e aleatórios**

GLS (Variance Components) // Dependent Variable is LVA88?
 Date: 10/23/99 Time: 23:25
 Sample: 1988 1990
 Included observations: 3
 Total panel observations: 63

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.282588	0.632399	5.190693	0.0000
LPE88?	0.213940	0.095818	2.232788	0.0296
LPN88?	0.560994	0.105905	5.297158	0.0000
LE88?	0.302018	0.068918	4.382255	0.0001
PA88?	0.002027	0.000765	2.647575	0.0105
D88?	-0.151579	0.051170	-2.962239	0.0045
D90?	0.151822	0.057006	2.663242	0.0101
Random Effects				
S01--C	0.261505			
S02--C	-0.171623			
S03--C	0.058641			
S04--C	0.163963			
S05--C	0.144372			
S06--C	-0.113842			
S07--C	0.046699			
S08--C	-0.010147			
S09--C	-0.264310			
S10--C	-0.020990			
S11--C	-0.040742			
S12--C	0.013137			
S13--C	0.360082			
S14--C	-0.152486			
S15--C	-0.103309			
S16--C	-0.105522			
S17--C	-0.001301			
S18--C	0.391917			
S19--C	-0.133022			
S20--C	-0.122108			
S21--C	-0.200915			

GLS Transformed Regression

R-squared	0.984472	Mean dependent var	15.15582
Adjusted R-squared	0.982808	S.D. dependent var	1.223597
S.E. of regression	0.160435	Sum squared resid	1.441404
Durbin-Watson stat	1.637814		

Unweighted Statistics including Random Effects

R-squared	0.987962	Mean dependent var	15.15582
Adjusted R-squared	0.986673	S.D. dependent var	1.223597
S.E. of regression	0.141257	Sum squared resid	1.117391

Durbin-Watson stat

2.112733

Pooled LS // Dependent Variable is LVA88?

Date: 11/07/99 Time: 16:16

Sample: 1988 1990

Included observations: 3

Total panel observations 63

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LPE88?	0.908199	0.217761	4.170621	0.0001
LPN88?	0.328764	0.144077	2.281863	0.0252
LE88?	0.538188	0.152264	3.534583	0.0007
PA88?	0.000479	0.001528	0.313611	0.7547
D88?	-0.220907	0.056176	-3.932387	0.0002
D90?	0.259780	0.094246	2.756401	0.0073
Fixed Effects				
S01--C	-3.994729			
S02--C	-4.008911			
S03--C	-3.657221			
S04--C	-3.463713			
S05--C	-3.740890			
S06--C	-5.146627			
S07--C	-5.336476			
S08--C	-4.965553			
S09--C	-4.722035			
S10--C	-5.140201			
S11--C	-5.142098			
S12--C	-4.894107			
S13--C	-5.044601			
S14--C	-5.344135			
S15--C	-5.292756			
S16--C	-5.245471			
S17--C	-4.974119			
S18--C	-3.607563			
S19--C	-6.346280			
S20--C	-6.040185			
S21--C	-4.251962			
R-squared	0.991788	Mean dependent var	15.15582	
Adjusted R-squared	0.985857	S.D. dependent var	1.223597	
S.E. of regression	0.145515	Sum squared resid	0.762282	
F-statistic	869.5689	Durbin-Watson stat	2.569801	
Prob(F-statistic)	0.000000			

ANEXO 5

Teste de multiplicadores de Langrange

```
e=[-0.194874  
-0.016043  
0.210917  
-0.035062  
-0.088261  
0.123323  
-0.141751  
-0.155318  
0.297069  
0.035503  
-0.009066  
-0.026437  
-0.127562  
0.212145  
-0.084583  
0.059376  
-0.056546  
-0.002830  
0.040418  
-0.200737  
0.160319  
0.219623  
-0.053470  
-0.166152  
0.052403  
0.043787  
-0.096190  
0.060578  
0.041279  
-0.101857  
0.012180  
0.039939  
-0.052119  
0.016262  
0.029858  
-0.046120  
0.042735  
-0.113239  
0.070503  
-0.038148  
0.155154  
-0.117005  
0.024391  
-0.070856  
0.046465  
0.073711  
0.079539  
-0.153250  
-0.083849  
0.005430  
0.078419  
-0.215055  
0.037237  
0.177818  
0.044245  
0.106293  
-0.150538  
0.100064  
0.026759  
-0.126822  
0.054814  
-0.013885  
-0.040929];
```

```
d=zeros(63,21);  
for i=1:21
```

```
for j=(i-1)*3+1:(i-1)*3+3 ;  
    d(j,i) = 1;  
end  
end  
teste=((e'*d*d'*e/(e'*e))-1)^2*(21/4);
```

```
B=[ 0.213940
0.560994
0.302018
0.002027
-0.151579
0.151822];
```

```
b=[ 0.908199
0.328764
0.538188
0.000479
-0.220907
0.259780];
```

```
SB=[0.009181 -0.007936 -0.000178 9.35E-06 -0.000142 0.000168;
-0.007936 0.011216 -0.002916 -3.09E-05 0.000459 0.001675;
-0.000178 -0.002916 0.004750 8.26E-06 -0.000590 -0.001584;
9.35E-06 -3.09E-05 8.26E-06 5.86E-07 -7.11E-06 -8.41E-06;
-0.000142 0.000459 -0.000590 -7.11E-06 0.002618 0.001403;
0.000168 0.001675 -0.001584 -8.41E-06 0.001403 0.003250];
```

```
Sb=[ 0.047420 -0.007008 -0.002305 -3.79E-05 -0.003497 0.012494;
-0.007008 0.020758 -0.012885 -5.91E-05 0.001362 0.006326;
-0.002305 -0.012885 0.023184 3.58E-05 -0.002820 -0.007720;
-3.79E-05 -5.91E-05 3.58E-05 2.33E-06 -2.84E-05 -3.54E-05;
-0.003497 0.001362 -0.002820 -2.84E-05 0.003156 0.000711;
0.012494 0.006326 -0.007720 -3.54E-05 0.000711 0.008882];
```

```
S=Sb-SB;
```

```
W=(b-B)'*inv(S)*(b-B)
```

```
%W=2.035627484101f
```

ANEXO 6

**Estatísticas Descritivas:
Dimensão transversal e temporal**

Dimensão Transversal "Cross- section"

	1988	1989	1990	1992	1993	1994	1995
Valor produção de							
MEDIA	7.098.547	6.608.721	7.455.167	7.185.371	6.440.147	6.443.749	6.824.518
DESVIO PADRAC	6.880.923	5.958.915	7.249.255	7.223.971	6.482.203	6.507.922	7.158.726
MAXIMO	23.372.603	18.605.174	24.120.814	24.710.746	21.889.421	21.832.330	23.711.207
MINIMO	412.934	368.440	397.961	424.669	338.823	306.607	323.947
COEFICIENTE DE	0,9693	0,9017	0,9724	1,0054	1,0065	1,0100	1,0490
Pessoal produção							
MEDIA	161.494	165.686	146.900	127.744	125.157	124.311	112.014
DESVIO PADRAC	181.622	182.805	164.378	143.157	139.030	136.766	122.559
MAXIMO	784.465	795.331	701.252	576.760	570.541	537.996	435.669
MINIMO	13.395	12.462	11.664	11.269	9.635	8.954	7.823
COEFICIENTE DE	1,1246	1,1033	1,1190	1,1206	1,1108	1,1002	1,0941
Pessoal administrativo							
MEDIA	60.701	61.270	58.063	48.097	46.207	43.499	40.546
DESVIO PADRAC	57.664	59.469	58.605	52.833	50.062	47.668	45.987
MAXIMO	221.891	232.132	238.011	228.971	215.053	202.949	199.658
MINIMO	3.943	3.691	3.834	2.956	2.961	2.742	2.188
COEFICIENTE DE	0,9500	0,9706	1,0093	1,0985	1,0834	1,0958	1,1342
Consumo Energia							
MEDIA	203.894	240.907	185.648	194.023	190.654	185.751	185.503
DESVIO PADRAC	193.764	227.044	179.395	198.815	172.948	160.750	161.443
MAXIMO	643.376	762.223	636.569	742.089	546.893	522.539	495.270
MINIMO	13.709	26.399	12.442	9.335	12.297	10.973	11.393
COEFICIENTE DE	0,9503	0,9425	0,9663	1,0247	0,9071	0,8654	0,8703
Consumo Combustivel							
MEDIA	88.919	91.630	79.569	64.530	65.370	73.536	74.382
DESVIO PADRAC	116.059	114.787	101.467	67.522	76.252	84.727	78.190
MAXIMO	423.866	490.161	403.502	265.261	324.176	329.612	283.544
MINIMO	6.899	11.955	5.733	4.161	8.470	6.864	5.727
COEFICIENTE DE	1,3052	1,2527	1,2752	1,0464	1,1665	1,1522	1,0512
Ativo total							
MEDIA	26.540.156	31.557.161	20.811.897	34.482.535	38.848.362	18.820.125	18.217.991
DESVIO PADRAC	28.389.485	32.444.173	21.630.553	38.473.630	41.734.498	20.231.173	19.457.958
MAXIMO	119.982.881	137.984.209	88.082.537	161.761.989	167.708.207	82.435.640	78.677.776
MINIMO	151.746.899	173.755.562	110.778.969	205.518.838	211.623.535	104.111.161	99.244.360
COEFICIENTE DE	1,0697	1,0281	1,0393	1,1157	1,0743	1,0750	1,0681
Royalties							
MEDIA	13.579	6.568	6.533	10.599	6.558	11.009	9.675
DESVIO PADRAC	36.694	22.080	21.159	34.000	23.498	31.919	28.800
MAXIMO	156.591	102.432	98.096	158.258	108.351	142.632	132.188
MINIMO	0	2	0	0	0	0	0
COEFICIENTE DE	2,7022	3,3615	3,2390	3,2079	3,5832	2,8993	2,9768

Dimensão Temporal

Valor da produção de bens finais	Média	Desvio Padrão	Valor Máximo	Valor Mínimo	Coefficiente Variação
Extração de minerais metálicos	2.256.014	666.794	3.516.308	1.548.232	0,2956
Extração de minerais não metálicos	367.626	45.986	424.669	306.607	0,1251
Fabricação de cimento e clínquer	1.383.495	431.046	2.178.181	962.660	0,3116
Fabricação de peças e estruturas de cim	636.031	158.468	830.650	479.060	0,2492
Fabricação de vidro e artigos de vidro	835.377	65.472	921.619	718.271	0,0784
Fabricação de outros produtos de miner	2.529.659	370.792	3.281.258	2.215.973	0,1466
Siderurgia	6.877.082	865.629	8.509.064	6.095.303	0,1259
Metalurgia dos não ferrosos	3.005.919	867.324	4.510.936	2.188.609	0,2885
Fabricação de fundidos e forjados de aç	1.106.883	242.301	1.418.252	852.248	0,2189
Fabricação de outros produtos metalúrgic	5.199.376	635.366	5.907.002	4.299.823	0,1222
Máquinas e equipamentos	8.858.948	1.085.683	10.275.031	7.700.416	0,1226
Indústria elétrica, eletrônica e de comuni	11.831.076	1.815.744	14.418.578	9.729.366	0,1535
Transporte	16.735.027	2.210.467	21.301.943	14.586.517	0,1321
Madeira	2.685.630	364.719	3.183.955	2.161.155	0,1358
Indústria de papel e gráfica	8.191.448	1.224.739	10.600.802	6.700.975	0,1495
Indústria de borracha e plástico	5.496.702	621.062	6.387.065	4.782.803	0,1130
Indústria química	22.112.590	2.122.597	24.710.746	18.605.174	0,0960
Indústria de produtos farmacêuticos	5.457.814	1.718.220	7.524.148	2.910.629	0,3148
Indústria têxtil	14.500.594	2.867.233	18.848.015	10.080.719	0,1977
Produtos alimentares	21.096.602	2.384.479	23.861.228	16.963.387	0,1130
Indústrias diversas	3.004.767	452.784	3.535.180	2.407.140	0,1507

Número de pessoas na administração	Média	Desvio Padrão	Valor Máximo	Valor Mínimo	Coefficiente Variação
Extração de minerais metálicos	10.134	2.640	13.466	6.479	0,2605
Extração de minerais não metálicos	3.188	651	3.943	2.188	0,2043
Fabricação de cimento e clínquer	8.542	1.380	10.472	6.583	0,1616
Fabricação de peças e estruturas de cim	6.291	1.583	8.635	4.674	0,2517
Fabricação de vidro e artigos de vidro	5.809	686	6.751	4.846	0,1181
Fabricação de outros produtos de miner	21.310	4.527	27.343	16.418	0,2124
Siderurgia	33.731	12.722	52.482	19.745	0,3772
Metalurgia dos não ferrosos	17.935	3.556	22.490	11.825	0,1983
Fabricação de fundidos e forjados de aç	10.702	3.739	16.132	5.997	0,3493
Fabricação de outro produtos metalúrgic	41.329	6.739	49.081	32.228	0,1630
Máquinas e equipamentos	78.064	16.567	100.235	58.533	0,2122
Indústria elétrica, eletrônica e de comuni	77.202	25.488	108.471	53.846	0,3302
Transporte	81.016	19.090	102.674	55.245	0,2356
Madeira	30.074	6.257	38.364	23.483	0,2081
Indústria de paapel e gráfica	88.726	9.022	102.114	79.843	0,1017
Indústria de borracha e plástico	39.540	6.252	47.907	30.762	0,1581
indústria química	113.147	21.628	140.474	85.543	0,1912
Indústria de produtos farmacêuticos	43.346	4.205	50.737	38.561	0,0970
Indústria têxtil	119.208	24.567	148.589	89.374	0,2061
Produtos alimentares	219.809	14.631	238.011	199.658	0,0666
Indústria diversas	26.044	7.249	36.026	18.285	0,2783

Número de pessoas na produção	Média	Desvio Padrão	Valor Máximo	Valor Mínimo	Coefficiente Variação
Extração de minerais metálicos	24.346	3.824	29.859	19.261	0,1571
Extração de minerais não metálicos	12.978	3.983	18.315	8.280	0,3069
Fabricação de cimento e clínquer	10.743	2.003	13.395	7.823	0,1864
Fabricação de peças e estruturas de cimento	17.318	4.346	23.599	12.242	0,2509
Fabricação de artigos de vidro	16.806	2.608	20.369	13.604	0,1552
Fabricação de outros produtos de minerais não	86.294	17.437	112.849	67.145	0,2021
Siderurgia	99.594	18.187	125.876	77.731	0,1826
Metalurgia dos não ferrosos	45.447	10.703	58.321	31.455	0,2355
Fabricação de fundidos e forjados de aço	38.768	7.653	51.746	29.351	0,1974
Fabricação de outros produtos metalúrgicos	134.914	21.888	168.199	107.433	0,1622
Máquinas e equipamentos	202.882	43.800	259.340	152.526	0,2159
Indústria elétrica, eletrônica e de comunicação	173.332	40.525	231.380	135.943	0,2338
Transporte	265.985	26.921	306.265	232.577	0,1012
Madeira	136.291	19.304	169.304	117.986	0,1416
Indústria de papel e gráfica	146.138	11.212	164.829	133.588	0,0767
Indústria de borracha e plástico	142.216	15.774	166.131	124.491	0,1109
Indústria química	153.374	22.533	182.177	122.163	0,1469
Indústria de produtos farmacêuticos	48.171	4.285	53.733	41.881	0,0890
Indústria têxtil	628.859	134.698	795.331	435.669	0,2142
Produtos alimentares	437.792	20.882	469.226	405.327	0,0477
Indústrias diversas	67671	17173,11	94190	48492	0,2538
Valor do Consumo de Energia	Média	Desvio Padrão	Valor Máximo	Valor Mínimo	Coefficiente Variação
Extração de minerais metálicos	142.856	21.682	161.791	103.397	0,1518
Extração de minerais não metálicos	32.930	4.686	41.296	27.568	0,1423
Fabricação de cimento e clínquer	96.946	7.187	110.089	88.177	0,0741
Fabricação de peças e estruturas de cimento	13.793	5.724	26.399	9.335	0,4150
Fabricação de vidros e artigos de vidro	39.500	10.282	57.987	26.325	0,2603
Fabricação de outros produtos de minerais não	125.249	18.479	152.243	106.473	0,1475
Siderurgia	618.739	105.881	762.223	489.975	0,1711
Metalurgia dos não ferrosos	424.026	29.821	461.107	374.015	0,0703
Fabricação de fundidos e forjados de aço	76.228	15.707	105.366	57.792	0,2060
Fabricação de outros produtos metalúrgicos	135.624	13.250	154.053	121.788	0,0977
Máquinas e equipamentos	115.959	17.623	144.358	98.420	0,1520
Indústria elétrica, eletrônica e de comunicação	132.134	18.293	153.816	107.257	0,1384
Transporte	229.668	49.469	320.044	186.907	0,2154
Madeira	71.197	8.983	83.598	59.203	0,1262
Indústria de papel e gráfica	262.442	13.431	289.994	251.147	0,0512
Indústria de borracha e plástico	161.631	20.505	201.601	140.402	0,1269
Indústria química	547.818	99.803	716.218	443.869	0,1822
Indústria de produtos farmacêuticos	43.879	4.406	50.623	38.148	0,1004
Indústria têxtil	349.623	45.277	447.271	307.215	0,1295
Produtos alimentares	501.847	54.845	612.098	432.775	0,1093
Indústrias diversas	37.052	5.770	49.464	31.706	0,1557

Valor do Consumo de Combustíveis	Média	Desvio Padrão	Valor Máximo	Valor Mínimo	Coefficiente Variação
Extração de minerais metálicos	94.814	16.157	122.704	74.867	0,1704
Extração de minerais não metálicos	25.325	8.100	36.160	15.666	0,3198
Fabricação de cimento e clínquer	115.467	15.758	131.742	89.295	0,1365
Fabricação de peças e estruturas de cir	8.671	2.371	11.955	5.733	0,2734
Fabricação vidro e artigos de vidro	35.932	5.070	45.014	30.582	0,1411
Fabricação de outros produtos de minei	139.193	23.808	163.965	105.222	0,1710
Siderurgia	257.583	173.941	490.161	74.655	0,6753
Metalurgia dos não ferrosos	25.813	10.918	40.410	13.656	0,4229
Fabricação de fundidos e forjados de aç	21.532	6.409	33.327	13.761	0,2976
Fabricação de outros produtos metalúrg	28.391	4.391	34.050	20.011	0,1547
Máquinas e equipamentos	16.760	4.687	21.217	9.258	0,2796
Indústria elétrica, eletrônica e de comun	17.202	6.400	31.089	12.408	0,3720
Transporte	60.408	33.406	124.892	34.981	0,5530
Madeira	19.941	5.304	28.751	11.575	0,2660
Indústria de papel e gráfica	118.578	18.755	149.198	96.522	0,1582
Indústria de borracha e plástico	32.712	4.736	41.356	27.380	0,1448
Indústria química	285.326	58.540	376.585	222.099	0,2052
Indústria de produtos farmacêuticos	15.612	6.746	29.236	10.878	0,4321
Indústria têxtil	63.486	8.299	77.904	55.882	0,1307
Produtos alimentares	221.249	37.488	283.544	186.418	0,1694
Indústrias diversas	9.811	6.161	21.569	4.161	0,6279

Ativo Total	Média	Desvio Padrão	Valor Máximo	Valor Mínimo	Coefficiente Variação
Extração de minerais metálicos	28.370.345	9.149.570	40.222.184	18.631.674	0,3225
Extração de minerais não metálicos	1.246.184	396.353	1.626.651	755.646	0,3181
Fabricação de cimento e clínquer	14.401.276	4.670.834	21.458.688	9.195.969	0,3243
Fabr. De peças e estruturas de cime	2.157.989	571.431	2.857.203	1.413.438	0,2648
Fabricação de vidro	3.225.009	809.563	4.213.694	2.218.936	0,2510
Fabricação de outro prod. De mineraç	8.272.642	2.629.256	10.894.629	5.316.028	0,3178
Siderurgia	56.434.109	16.698.224	73.631.662	34.018.867	0,2959
Metalurgia dos não ferrosos	16.613.244	5.425.184	23.527.862	9.815.647	0,3266
Fabricação de fundidos e forjados	2.850.038	877.182	3.829.592	1.673.019	0,3078
Fabricação de outros prod. Metalur.	16.305.709	4.474.011	21.090.063	11.137.932	0,2744
Máquinas e equipamentos	24.175.482	7.105.160	31.084.254	15.118.675	0,2939
Indústria elétrica, eletrônica e de com	30.371.282	6.666.660	37.907.103	22.462.945	0,2195
Transporte	42.422.619	11.460.701	57.656.341	26.696.567	0,2702
Madeira	10.747.405	3.212.271	15.051.661	6.834.038	0,2989
Indústria de papel e gráfica	35.250.571	8.666.564	47.804.953	25.773.445	0,2459
Indústria de borracha e plástico	19.075.662	10.680.071	40.309.941	9.747.753	0,5599
Indústria química	119.519.034	37.592.733	167.708.207	78.677.776	0,3145
Indústria de produtos farmacêuticos	9.487.345	1.686.424	12.262.918	7.630.321	0,1778
Indústria têxtil	42.742.471	21.776.406	88.488.407	24.004.069	0,5095
Produtos alimentares	75.069.807	23.291.416	113.046.917	53.549.696	0,3103
Indústrias diversas	9.096.458	7.392.153	25.550.992	4.611.484	0,8126

ANEXO 7

**Estimativa de funções de produção
por setores da indústria brasileira:
efeitos fixos e aleatórios**

Estimativa de Funções de Produção para os Setores da Indústria Brasileira (Efeitos Fixos)

Equação	Anos	Ativo (A)	Pessoal ocupado (P)	Pessoal n/ocup. (N)	Energia (E)	Combust. (C)	Patentes Brasil (B)	Patentes USA (U)	D89	D91	r2
1	88-90-95	0,0519 (0,074) t = 0,697	0,877 (0,228) t = 3,839	0,327 (0,156) t = 2,095	0,567 (0,181) t = 3,122	-0,009 (0,107) t = -0,08	-0,001 (0,002) t = -0,739	0,001 (0,002) t = 0,509	-0,254 (0,067) t = -3,804	0,229 (0,106) t = 2,167	0,99
2	88-90-95	0,05 (0,071) t = 0,711	0,878 (0,225) t = 3,898	0,324 (0,147) t = 2,201	0,56 (0,159) t = 3,521	-0,0016 (0,002) t = -0,78	0,0008 (0,002) t = 0,535	-0,253 (0,0657) t = -3,86	0,227 (0,1) t = 2,261	0,98	
3	88-90-95	0,0529 (0,074) t = 0,714	0,877 (0,227) t = 3,861	0,328 (0,155) t = 2,115	0,583 (0,179) t = 3,255	-0,024 (0,104) t = -0,232	0,0005 (0,001) t = 0,321	-0,241 (0,064) t = -3,766	0,25 (0,101) t = 2,467	0,99	
4	88-90-95	0,909 (0,222) t = 4,086	0,329 (0,155) t = 2,126	0,525 (0,17) t = 3,087	0,011 (0,102) t = 0,108	-0,001 (0,002) t = -0,756	0,0008 (0,002) t = 0,495	-0,234 (0,06) t = -3,901	0,239 (0,104) t = 2,302	0,99	
5	88-90-95	0,0482 (0,07) t = 0,686	0,877 (0,224) t = 3,916	0,318 (0,146) t = 2,175	0,5644 (0,158) t = 3,57	-0,004 (0,099) t = -0,042	0,0005 (0,001) t = 0,352	-0,2397 (0,063) t = -3,81	0,2449 (0,097) t = 2,514	0,99	
6	88-90-95	0,9086 (0,221) t = 4,109	0,3308 (0,154) t = 2,146	0,5409 (0,167) t = 3,221	-0,004 (0,099) t = -0,042	0,0004 (0,001) t = 0,302	-0,2208 (0,057) t = -3,873	0,2609 (0,099) t = 2,618	0,99		
7	88-90-95	0,908 (0,218) t = 4,17	0,329 (0,144) t = 2,281	0,538 (0,152) t = 3,534	0,0005 (0,001) t = 0,314	-0,22 (0,056) t = -3,93	0,259 (0,096) t = 2,756	0,99			
8	88-90-95	-0,0593 (0,0867) t = -0,684	0,2701 (0,219) t = 1,228	0,188 (0,741) t = 1,079	0,484 (0,21) t = 2,302	0,1008 (0,132) t = 0,764	-0,0008 (0,002) t = -0,343	-0,0001 (0,002) t = -0,081	0,98		

Estimativa de Funções de Produção para os Setores da Indústria Brasileira (Efeitos Aleatórios)

Equação	Anos	Const.	Ativo (A)	Pessoal ocupado (P)	Pessoal n/ocup. (N)	Energia (E)	Combust. (C)	Patentes Brasil (B)	Patentes USA (U)	D89	D91	r ²
1	88-90-95	3,0161 (0,7256) t = 4,1565	0,0678 (0,0609) t = 1,127	0,108 (0,108) t = 1,745	0,5545 (0,11) t = 5,0378	0,2876 (0,092) t = 3,122	-0,026 (0,066) t = -0,397	-0,0003 (0,001) t = -0,3827	0,002 (0,001) t = 2,214	-0,167 (0,054) t = -3,056	0,1452 (0,058) t = 2,489	0,98
2	88-90-95	2,944 (0,712) t = 4,135	0,0619 (0,059) t = 1,045	0,207 (0,1001) t = 2,059	0,5441 (0,1079) t = 5,042	0,2685 (0,0749) t = 3,582		-0,0003 (0,0001) t = -0,335	0,002 (0,0001) t = 2,260	-0,1683 (0,054) t = -3,094	0,1458 (0,057) t = 2,5247	0,98
3	88-90-95	3,041 (0,708) t = 4,295	0,069 (0,0605) t = 1,15	0,1739 (0,104) t = 1,673	0,5615 (0,108) t = 5,176	0,287 (0,90) t = 3,189	-0,024 (0,064) t = -0,3774		0,0018 (0,0007) t = 2,423	-0,1636 (0,053) t = -3,051	0,1473 (0,057) t = 2,548	0,98
4	88-90-95	3,255 (0,69) t = 4,69	0,064 (0,058) t = 1,094	0,2276 (0,108) t = 2,1	0,5527 (0,11) t = 4,977	0,307 (0,0938) t = 3,273	-0,008 (0,0664) t = -0,122	-0,0003 (0,001) t = -0,375	0,002 (0,0001) t = 2,317	-0,1558 (0,053) t = -2,934	0,1494 (0,058) t = 2,5756	0,98
5	88-90-95	2,977 (0,692) t = 4,3	0,064 (0,058) t = 1,094	0,1918 (0,095) t = 2,019	0,5522 (0,106) t = 5,2	0,268 (0,07) t = 3,729			0,002 (0,0007) t = 2,549	-0,16 (0,053) t = -3,102	0,147 (0,057) t = 2,58	0,98
6	88-90-95	3,298 (0,674) t = 4,89	0,211 (0,104) t = 2,022	0,562 (0,109) t = 5,139	0,308 (0,0915) t = 3,366	-0,0063 (0,064) t = -0,098			0,002 (0,0001) t = 2,564	-0,1511 (0,051) t = -2,91	0,152 (0,057) t = 2,636	0,98
7	88-90-95	3,282 (0,632) t = 5,19	0,213 (0,095) t = 2,233	0,561 (0,106) t = 5,297	0,302 (0,069) t = 4,382				0,002 (0,001) t = 2,647	-0,152 (0,051) t = -2,96	0,152 (0,057) t = 2,663	0,98
8	88-90-95	3,72 (0,728) t = 5,106	0,0525 (0,07) t = 0,713	0,0921 (0,117) t = 0,787	0,562 (0,1224) t = 4,592	0,3607 (0,094) t = 3,804	-0,058 (0,07) t = -0,826	0,0001 (0,0009) t = 0,165	0,0018 (0,0009) t = 1,894			0,97

ANEXO 8

Produtividade Marginal dos Insumos

Produtividade Marginal
(em mil reais de 95)

	Trabalhadores ligados produção				Trabalhadores não ligados produção				
	1988	1990	1995	1988	1990	1995	1988	1990	1995
Setor Mineiro Metalúrgico									
Extração de minerais metálicos	11,51	19,39	28,48	68,98	103,63	223,03	58,75	83,06	83,06
Extração de minerais não metálicos	4,80	5,54	8,33	56,89	63,55	117,09	56,89	63,55	117,09
Fabricação de cimento e clínquer	16,89	18,46	37,41	53,50	56,88	60,00	53,50	56,88	60,00
Fabricação peças estruturas cimento concreto fibrocimentos	7,43	8,11	8,90	80,38	88,26	73,19	80,38	88,26	73,19
Fabricação de vidro e artigos de vidro	9,41	10,69	13,79	70,82	56,99	80,75	70,82	56,99	80,75
Fabricação de outros produtos de minerais não metálicos	6,46	6,25	7,50	79,77	91,58	173,18	79,77	91,58	173,18
Siderurgia	14,02	12,89	16,70	112,52	100,00	106,51	112,52	100,00	106,51
Metalurgia dos não ferrosos	16,47	14,43	15,20	46,75	59,35	79,73	46,75	59,35	79,73
Fabricação de fundidos e forjados de aço	6,49	6,60	6,18	60,98	70,56	76,34	60,98	70,56	76,34
Fabricação de outros produtos metalúrgicos	7,28	8,45	8,70						
Outros Setores									
Máquinas e equipamentos	8,44	9,36	10,75	57,51	61,99	73,80	57,51	61,99	73,80
Indústria elétrica, eletrônica e de comunicações	13,22	15,40	15,24	71,07	82,06	99,37	71,07	82,06	99,37
Transporte	12,28	12,26	19,51	90,95	94,73	216,32	90,95	94,73	216,32
Madeira	3,69	4,93	4,45	44,44	49,35	58,90	44,44	49,35	58,90
Indústria de papel e gráfica	11,14	12,13	16,90	43,60	53,07	73,49	43,60	53,07	73,49
Indústria de borracha e plástico	7,68	8,78	8,59	71,52	74,70	91,57	71,52	74,70	91,57
Indústria química	27,33	32,04	36,90	93,34	109,92	138,80	93,34	109,92	138,80
Indústria de produtos farmacêuticos	13,90	22,56	38,27	42,34	69,79	101,15	42,34	69,79	101,15
Indústria têxtil	4,41	5,72	4,93	64,53	73,64	63,28	64,53	73,64	63,28
Produtos alimentares	8,98	10,25	11,67	49,99	49,29	66,62	49,99	49,29	66,62
Indústrias diversas	8,30	10,31	10,57	56,89	62,69	73,85	56,89	62,69	73,85

Fonte: Elaborada pela autora

Produtividade Marginal
(em mil reais de 95)

	Energia				Patentes americanas			
	1988	1990	1995	1995	1988	1990	1995	1995
Sector Minero Metalúrgico								
Extração de minerais metálicos	4,52	5,33	5,06		61,01	86,62	195,14	
Extração de minerais não-metálicos	4,26	4,36	3,08		16,27	15,21	24,54	
Fabricação de cimento e clínquer	3,17	3,46	4,22		52,69	63,01	92,34	
Fabricação de peças estruturas concreto fibrocimentos	18,14	18,27	13,56		40,86	46,92	34,37	
Fabricação de vidro e artigos de vidro	4,51	10,57	6,73		43,00	57,44	59,19	
Fabricação de outros produtos de minerais não-metálicos	6,51	6,36	6,27		162,80	155,09	158,83	
Siderurgia	3,57	3,29	3,76		613,67	477,14	643,30	
Metalurgia dos não-ferrosos	2,95	2,63	1,52		463,37	277,35	303,80	
Fabricação de fundidos e forjados de aço	5,21	6,06	3,85		30,54	35,98	25,96	
Fabricação de outros produtos metalúrgicos	12,05	14,65	10,70		118,91	164,20	133,57	
Outros Setores								
Máquinas e equipamentos	26,22	29,41	20,12		96,58	142,45	107,47	
Indústria elétrica, eletrônica e de comunicações	26,79	30,65	23,24		94,57	137,92	74,13	
Transporte	25,42	26,34	24,35		196,90	276,04	357,75	
Madeira	10,70	13,70	10,73		365,44	529,21	482,95	
Indústria de papel e gráfica	9,04	10,25	12,74		267,87	253,57	280,11	
Indústria de borracha e plástico	10,44	12,12	9,30		78,06	80,23	85,47	
Indústria química	10,97	13,90	14,30		148,88	163,18	155,51	
Indústria de produtos farmacêuticos	22,49	42,82	49,34		66,17	131,24	117,35	
Indústria química	14,01	17,20	9,91		513,47	794,77	433,77	
Produtos alimentares	12,71	14,59	14,46		762,71	814,20	691,99	
Indústrias diversas	26,58	30,45	20,68		100,64	133,98	70,87	

Fonte: Elaborada pela autora

ANEXO 9

**Lista das fábricas de cimento,
fornecida pelo SNIC**

LISTAGEM DAS FÁBRICAS

FÁBRICAS	UF
ITAUTINGA	AM
CIBRASA	PA
ITAPICURU	MA
CEARENSE	CE
IBACIP	CE
ITAPETINGA	RN
CIMEPAR	PB
CIPASA	PB
ITAPESSOCA	PE
ATOL	AL
CIMESA	SE
ITAGUASSU	SE
CIMPOR	BA
ITAU - SALVADOR	BA
MATSULFUR BRUMADO	BA
HOLDERCIM BARROSO	MG
MAUA MATOZINHOS	MG
CMOC ARCOS JAZIDAS	MG
CMOC ARCOS CIDADE	MG
CAUÉ MG	MG
HOLDERCIM P.LEOPOLDO	MG
ITAU DE MINAS	MG
MATSULFUR	MG
CMOC UBERABA PONTE ALTA	MG
SOEICOM	MG
TUPI PEDRA SINO	MG
ITABIRA - ES	ES
MAUA - CANTAGALO	RJ
TUPI V.REDONDA	RJ
VOTORANTIM CANTAGALO	RJ
VOTORANTIM VOLTA REDONDA	RJ
CIBREX	RJ
CAUÉ SP	SP
CMOC ITAPEVA	SP
RIBEIRÃO GRANDE	SP
CIMPOR CAJATI	SP
TUPI MONGI CRUZ	SP
VOTORANTIM ITAPEVI	SP
VOTORANTIM SALTO PIRAPORA	SP
VOTORANTIM CUBATÃO	SP
VOTORANTIM STA HELENA	SP
ITAMBÉ	PR
RIO BRANCO PR	PR
RIO BRANCO SC	SC
RIO BRANCO ESTEIO	RS
RIO BRANCO P.MACHADO	RS
CIMPOR NOVA SANTA RITA	RS
CIMPOR CANDIOTA	RS
MATO GROSSO	MT
CAMARGO CORREA BODOQUENA	MS
ITAU CORUMBA	MS
GOIÁS	GO
CIPLAN	DF
TOCANTIS	DF

BIBLIOGRAFIA

- ABREU, M. P. **A ordem do progresso: cem anos de política econômica republicana 1889-1989**. Rio de Janeiro: Campus, 1990.
- ADAMS, J. Science, R & D and invention potential recharge: US evidence. In: **American Economic Review**, v.83, n.2, p.458-62, 1993.
- AYRES, M. L.A ; Daemon, I.G.; Fernandes, P. C. S. A indústria do cimento. In: BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **BNDES Setorial 10**. Rio de Janeiro, setembro 1999.
- ALBUQUERQUE E.M; MACEDO P. B. Patentes de invenção concedidas a residentes no Brasil: indicações da eficiência dos gastos em P&D. In: **Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 25, n.3 p. 541-58 ,1995.
- ALBUQUERQUE E. M.; MACEDO P. B. Concessão de patentes a residentes no Brasil: 1990/95. In: **Pesquisa e Desenvolvimento**, v.26, n.3, p. 483-98, 1996.
- ALVES, F. CST- Investindo pesado para modernizar a produção. In: **Brasil Mineral**, v. 114, p.50-4, 1994.
- ALVES, F. Usiminas é líder em venda de tecnologia na AL. In: **Brasil Mineral**, v. 139, p.24-9, 1996.
- ANDRADE,M.L.A.; CUNHA, L. M. S.; VIEIRA, J. R. M. A indústria de cimento no Brasil e no mundo: uma visão geral. In: BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E SOCIAL. **BNDES Setorial 1**. Rio de Janeiro, julho 1995.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO-SETOR METALÚRGICO – 1989**, Brasília, SDI, 1989.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO-SETOR METALÚRGICO –1991/1995, 1992/1996, 1999**, Brasília: MME.
- ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO- 1984/1996**. Brasília: MME/DNPM.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL** . Comunicado FIRCE nº 19, de 16 de fevereiro de 1972. Remessas para o exterior referentes a marcas e patentes e tecnologia.
- BARBER,W.J. **Uma história do pensamento econômico**. Rio de Janeiro: Zahar, 1971.
- BARRETO, M. L. **Contratos de transferência de tecnologia e suas leis:1950 a 1980**. Rio de Janeiro, maio 1995 (mimeo).

- BARRO, R. **Determinants of economic growth: a cross-country empirical study.** Massachusetts: MIT, 1997.
- BAUMANN, R. (coord.) **Brasil uma década em transição.** Rio de Janeiro: Campus, 2000.
- BRANSON, W. H. **Macroeconomics theory and policy.** New York: Harper & Row, 1979.
- BRASIL** . Lei 4.131, de 3 de setembro de 1962. Disciplina a aplicação do capital estrangeiro e as remessas de valores para o exterior e dá outras providências.
- BRASIL** . Decreto 55.762, de 17 de fevereiro de 1965. Regulamenta a Lei 4.131 de 3 de setembro de 1962, modificada pela Lei 4.390 de 29 de agosto de 1964.
- BRASIL** . Lei 5.648, de 11 de dezembro de 1970. Cria o Instituto Nacional da Propriedade Industrial e dá outras providências.
- BRASIL** . Lei 5.772, de 21 de dezembro de 1971. Institui o novo Código de Propriedade Industrial, e dá outras providências.
- BRASIL** . Decreto 81.742, de 31 de maio de 1978 . Promulga o Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes.
- BRASIL** . Decreto 84.067, de 8 de outubro de 1979. Cria a Secretaria Especial de Informática, como órgão complementar do Conselho de Segurança Nacional, e dá outras providências.
- BRASIL** . Decreto-Lei 2.433, de 19 de maio de 1988. Dispõe sobre os instrumentos financeiros relativos à política industrial, seus objetivos, revoga incentivos fiscais e dá outras providências.
- BRASIL** . Lei 8.248, de 23 de outubro de 1991. Dispõe sobre a capacitação e competitividade do setor de informática e automação, e dá outras providências.
- BRASIL** . Lei 8.661, de 2 de junho de 1993. Dispõe sobre os incentivos fiscais para a capacitação tecnológica da indústria e da agropecuária e dá outras providências.
- BRASIL** . Lei 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial.
- BERNSTEIN, J. Costs of production, intra and interindustry R & D spillovers: Canadian evidence. In: **Canadian Journal of Economics**, v. 21, n.2, p.325-47, 1988.
- BLOMSTROM, A. K.; ZEJAN, M. Host country competition, labor skills, and technology transfer by multinationals. In: **Weltwirtschaftliches Archiv (Review of World Economics)**, v 130, n.3, p. 521- 33, 1994.

- CHAMBERS, R. **Applied production analysis: a dual approach.** United Kingdom: Cambridge, 1978.
- CHRISTENSEN, C.; DA ROCHA, A. Perceptions of Brazilian and foreign technology. In: **European Journal of Marketing**, v. 22, n.1, p. 5-16. 1988.
- CENSO INDUSTRIAL DO BRASIL 1985-** Dados Gerais, Empresas. Rio de Janeiro: IBGE, 1990.
- COUTINHO, L. , coord. **Estudos da competitividade da indústria brasileira.** Campinas: Ministério da Ciência e Tecnologia, 1993.
- COUTINHO, L.; SUZIGAN, W. **Desenvolvimento tecnológico da indústria e a constituição de um sistema nacional de inovação no Brasil: setor do alumínio.** Campinas: UNICAMP, 1990.
- CUNEO, P.; MAIRESSE, J. Productivity and R&D at the firm level in French manufacturing. In: **R&D, Patents, and Productivity** Chicago: National Bureau of Economic Research, 1984.
- DAMASCENO, E. C. **Introdução ao suprimento de matérias primas minerais para a metalúrgia.** São Paulo, 1995 (mimeo).
- DEOLALIKAR, A. . B.; EVENSON, R. **Technology production and technology purchase in Indian industry: an econometric analysis.** New Haven: Economic Growth Center, 1988 (mimeo).
- EVENSON, R. Industrial productivity growth linkages between OECD countries, 1970-90. In: **Economic Systems Research**, v.9, n.2, 221-30, 1997.
- EVENSON, R.; JOHNSON, D. Invention input-output analysis. In: **Economic Systems Research**, v.9, n. 2, p. 149-60, 1997.
- EVENSON, R.; RANIS, G. **Science and technology: lessons for development policy.** São Francisco: Westview, 1990.
- EVENSON, R.; PRAY, C. **Research and productivity in Asian agriculture.** Ithaca: Cornell University Press, 1991.
- FEI, J.; RANIS, G. **Growth and development from an evolutionary perspective.** Malden: Oxford Blackwel, 1997.
- FERNANDES, F.R.C. **Os recursos minerais e o comércio internacional: uma reavaliação das teorias.** São Paulo, 1999. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- FERRAZ, C. P.; MACHADO, I.F.; SUSLICK, S. B. Potencial and challenges for the Brazilian mining industry. In: **THE FIRST INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MINING AND DEVELOPEMENT. Proceedings.** Campinas: IG/UNICAMP, 1995. p. 45-57.

- FIKKERT, B. Application of the Yale Technology Concordance to the construction of international spillover variables for India. **Economic Systems Research**, v.9, n.2, p. 193-204, 1997.
- FROTA, M. S. P. B. **Proteção de patentes de produtos farmacêuticos: o caso brasileiro**. Brasília: Fundação Alexandre Gusmão, 1993.
- FUSS, M.; MCFADDEN, D. **Production economics: a dual approach to theory and applications**. v. 1 e 2. Amsterdam: North-Holland, 1978.
- FUSS, M.; WAVERMAN, L. **Costs and productivity in automobile production: the challenge of Japanese efficiency**. United Kingdom: Cambridge, 1978.
- GREENE, W.H. **Econometric analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1997.
- GRILICHES, Z. Patent statistics as economic indicators: a survey part I. In: **NBER Working Paper Series**. n.3301. Cambridge, 1990.
- GRILICHES, Z. MAIRESSE, J. Productivity and R&D at the firm level. In: **R&D, Patents and productivity**. Chicago: National Bureau of Economic Research, 1984.
- GRILICHES, Z. ; PAKES, A. **Patents and R&D at a firm level: a first look**. Chicago: University of Chicago, 1984.
- GROSSMAN, G. HELPMAN, E. *Endogenous innovation in the theory of growth*. In: **Journal of Economic Perspectives**, v.8, n.1, n. p., 1994.
- GUVENEN, O.; LABYS, W.; LESOURD, J.B. **International commodity market models: advances in methodology and applications**, London: Chapman and Hall, 1998.
- HAUSMAN, J; HALL, B. GRILICHES,Z. Econometric models for count data with an application to the patent R&D relationship. In: **Econometrica**, v. 52, n.4, p. 909-37, 1984.
- INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL** . Legislação da propriedade industrial e do comércio de tecnologia, Rio de Janeiro: Forense, 1982.
- JOHNSON, D. **Three essays on R&D and technology licensing in Brazil**, 1997. Tese de Doutorado - Economic Growth Center da Universidade de Yale.
- JOHNSON, D.; EVENSON, R. Innovation and invention in Canada. In: **Economic Systems Research**, v.9, n.2, p. 177-92 , 1997.
- JOHNSON, D.; EVENSON, R. **Invention in less-developed countries**. Washington: World Bank/ Economic Growth Center at Yale University/ Wellesley College, March 1998. (mimeo).

- JONES, C. **Introduction to economic growth**. New York: W.W. Norton, 1998.
- KATRAK, H. Imported technology, enterprise size and R & D in a newly industrializing country: the Indian experience. In: **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, v.47, n.3, p.213-29, 1983.
- KELLER, W. Technology flows between industries: identification and productivity effects. In: **Economic Systems Research**, v.9, n.2, p. 213-20, 1997.
- KORTUM, S. Equilibrium R & D and the patent – R & D ratio: US evidence. In : **American Economic Review**, v 83, n.2, p.450-7, 1993.
- KORTUM, S.; PUTNAM, J. Assigning patents to industries: tests of the Yale Technology Concordance. In: **Economic Systems Research**, v.9, n. 2, p.161-76, 1997.
- LANDAU, R.; TAYLOR, T.; WRIGHT, G. **The mosaic of economic growth**. California: Stanford, 1996.
- LABYS, W. **Modeling mineral and energy markets**. Boston: Kluwer Academic, 1999.
- MACHADO, R. C. **A indústria do alumínio neste final de século**. Ouro Preto: Fundação Gorceix, 1988.
- MACHADO, R. C. **Apontamentos da história do alumínio primário no Brasil**. Ouro Preto: Fundação Gorceix, 1985.
- MADER, W. R.; MACHADO, I. C. Fluxos de tecnologia em projetos de mineração. In: **Brasil Mineral**, v. 70, p.72-8, 1989.
- MARINO, P. An empirical analysis of the Indian pharmaceutical industry. In: **NEUDC Conference**, New Haven: Economic Growth Center/ Yale University, 1999.
- MARQUES, M.; ALVES, F. Cimento - Mauá terá nova unidade em Arcos. In: **Brasil Mineral**, v. 112, p. 23-28, 1993.
- MATESCO, V. R. **Inovação tecnológica das empresas brasileiras: A diferenciação competitiva e a motivação para inovar**. Rio de Janeiro, 1993. Tese de doutoramento - Instituto de Economia Industrial, UFRJ.
- MATESCO, V. R.; TAFNER, P. O estímulo aos investimentos tecnológicos: o impacto sobre as empresas brasileiras.: In: **Texto para discussão-IPEA n.429**, Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Econômicas e Sociais, 1996.
- MEIJL, H. Measuring the impact of direct and indirect R & D on the productivity growth of industries: using the Yale Technology Concordance. In: **Economic Systems Research** , v.9, n. 2, p. 205-12, 1997.

- MICHARD, J. A. Siderurgia, Indústria terá que mudar para sobreviver. In: **Brasil Mineral**, v.76, p. 68-76, 1990.
- MOWERY, D. C.; ROSENBERG, N. **Technology and the pursuit of economic growth**. Cambridge: MIT, 1995.
- MUNDLAK, Y. On the empirical aspects of economic growth theory. In: **AEA papers and proceedings**, v.83, n. 2, p. 415-25, 1993.
- NIVEAU, M. **História dos fatos econômicos contemporâneos**. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1971.
- OLIVEIRA, M. Usiminas continua investindo em tecnologia. In: **Brasil Mineral**, v.72, p.76-81,1989.
- ORLANS, H. **The nonprofit research institute: its origin, operation, problems and prospects**. New York: Macgraw-Hill, 1972.
- PAULA, J. Desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil. **Revista de Economia Política**, v. 19, n.2, p. 5-24, 1999.
- PESQUISA INDUSTRIAL ANUAL - PIA-IBGE**. Rio de Janeiro, 1988,1989,1990,1992,1993,1994,1995.
- PROCHNIK, V. ; PEREZ, A. ; SOUZA E SILVA, C. M. **A Globalização na indústria de cimento**. victorp@openlink. com, outubro 1998.
- PINDYCK, R. RUBINFELD, D. **Microeconomia**. São Paulo: McGraw-Hill, 1994.
- RANGEL, A. .S.; VERMULM, R. Modernização tecnológica da indústria brasileira. In: **Estudos Analíticos do Setor de Ciência e Tecnologia no Brasil**. São Paulo: Ministério da Ciência e Tecnologia, 1992.
- RIBEIRO, I.; ALVES, F. Avanços tecnológicos e novos mercados. In : **Brasil Mineral**, v.94, p.16-8, 1991.
- ROCHA LIMA, M. H. **The marginal productivity of inputs for crop production in Brazil**. Minneapolis,1986. Tese de Mestrado – University of Minnesota.
- ROCHA LIMA, M. H. **A importância das tarifas de energia elétrica para a indústria do alumínio**. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq/MCT, 1997. (Série Estudos e Documentos).
- ROMER, P. The origins of endogenous growth. In: **Journal of Economic Perspectives**, v.8, n. 1, p.1-21, 1994.
- SAHAL, D. **Research, development, and technological innovation: recent perspectives on management**. Toronto: Lexington, 1980.
- SECRETARIA DA RECEITA FEDERAL**. Instrução Normativa nº5, de 8 de janeiro de 1974. Disciplina a dedução das despesas operacionais

relacionadas com o pagamento de Royalties pela exploração ou cessão de patentes ou pelo uso ou cessão de marcas.

SHEPARD, R. W. **Theory of cost and production functions**. New Jersey: Princeton, 1970.

SCHERER, F. M. Using linked patent and R&D data to measure interindustry technology flows, In: **R&D Patents and Productivity**. Illinois: University of Chicago, 1984.

SIDDHARTHAN, N. S. In-house R & D, imported technology, and firm size: lessons from Indian experience. In: **The Developing Economics**, v.XXVI, n.3, p 212-21,. 1988.

SILVA JUNIOR, G.G. **Estrutura de mercado e desempenho na indústria brasileira: evidência empírica do período 1986-1995**. Belo Horizonte, 1999. Tese de Mestrado – CEDEPLAR – Universidade Federal de Minas Gerais.

SOLOW, R. Perspectives on growth theory. In: **Journal of Economic Perspectives**, v.8, n.1, p.45-54, 1994.

SIMPSON, R. D. Technological innovation in natural resource industries. In: **Discussion Paper 97-41**, Washington: Resources for the future, 1997.

SUSLICK, S. B. **Métodos de previsão de demanda mineral**. Campinas, 1990. Tese (livre Docência) – Departamento de Administração e Política de Recursos Naturais, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.

TIGRE, P. B; CASSIOLATO, J.E.; SZAPIRO, M. H.S; FERRAZ, J. C. Mudanças institucionais e tecnologia: impactos da liberalização sobre o sistema nacional de inovações.In: **Brasil uma década em transição**. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

TILTON, J. E.; LANDSBERG, H.H. Innovation, productivity growth, and the survival of the U.S. copper industry. In: **Discussion Paper 97-47**, Washington: Resources for the future, 1997.

USAWA, H. Duality principles in the theory of cost and production. **International Economic Review**, v. 5, n.2, p.216-20, 1964.

WIBLE, J. **On the economic organization of science, the firm, and the market place**. Routledge, 1998. Frontiers of Political Economy.

Endereços Internet visitados:

<http://www.inpi.gov.br>

<http://www.ibge.gov.br>

[http: www. Yale. Edu](http://www.Yale.Edu)

[http:www. Wesley.edu](http://www.Wesley.edu)