**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Análise da produtividade da indústria de transformação brasileira
entre 2003 e 2012**

Sandra Maria Do Prado Lima

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração:
Economia Aplicada

**Piracicaba
2015**

Sandra Maria Do Prado Lima
Economista

**Análise da produtividade da indústria de transformação brasileira entre 2003 e
2012**

Orientador:
Prof. Dr. **ROBERTO ARRUDA DE SOUZA LIMA**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração:
Economia Aplicada

**Piracicaba
2015**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Lima, Sandra Maria Do Prado
Análise da produtividade da indústria de transformação brasileira entre 2003 e 2012 /
Sandra Maria Do Prado Lima. - - Piracicaba, 2015.
92 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Produtividade total dos fatores 2. Indústria de transformação 3. Fronteira estocástica
I. Título

CDD 338.4
L732a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

À minha irmã, Flaviane, que sempre me apoiou com muita dedicação e sem restrições.

Ao Jim, porque nunca vou esquecer o seu amor incondicional, que me enchia de amor e felicidade, mesmo de longe.

Aos meus amados Wallye, Bhú, Mel, Domitilla, Benji, Preta e Kika. Amores felinos e caninos são os mais verdadeiros

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Economia da Universidade Estadual de Londrina, que através de seus professores, sempre me apoiou e incentivou.

À ESALQ/USP pela oportunidade de aprimoramento, que levo para toda minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Roberto Arruda de Souza Lima, pelo incentivo e apoio nesta jornada.

Ao Prof. Dr. Humberto Francisco Silva Spolador, que foi fundamental na execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Cassiano Bragagnolo, pela atenção e auxílio.

Ao amigo Rafael Jacomini, sempre atencioso e competente, pelo auxílio com as regressões.

Às queridas Maielli e Aline, que sempre deram excelente suporte aos alunos da pós-graduação.

Às irmãs do Cenáculo Nossa Senhora de Lourdes, pelo aconchego e tranquilidade que tive em “casa” e pela companhia do Urso.

Às amigas e colegas de casa, especialmente Daiana e Tati.

Aos bons amigos da ESALQ e da FEA, que vou levar para sempre na minha vida pessoal e profissional.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	15
1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Objetivos	20
1.2. Estrutura do trabalho	20
2. O DESEMPENHO DO SETOR INDUSTRIAL	21
3. METODOLOGIA.....	35
3.1 Base de dados	40
3.2 Variáveis utilizadas.....	42
3.3 Deflacionamento	42
3.4 Correção de <i>outliers</i> e exclusão de atividades.....	43
3.5 <i>Dummies</i> para divisões da atividade industrial e divisão em intensidade tecnológica	44
4 RESULTADOS	47
4.1 Teste de razão de verossimilhança (LR).....	47
4.2 Resultado da estimação do modelo	48
4.3 Decomposição da produtividade	56
5 CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS.....	69
ANEXOS	75

RESUMO

Análise da produtividade da indústria de transformação brasileira entre 2003 e 2012

Este trabalho estimou a produtividade total dos fatores (PTF) para a indústria de transformação brasileira no período de 2003 a 2012, utilizando-se de uma função translog e um modelo de fronteira estocástica. Os dados em painel originam-se da Pesquisa Industrial Anual do IBGE. O objetivo principal foi analisar a variação da PTF, decomposta em progresso técnico, eficiência técnica, efeito escala, eficiência alocativa e choques aleatórios. As conclusões revelam crescimento negativo da PTF para o conjunto das atividades industriais ao longo do período e para as atividades de alta, média alta e média baixa intensidades tecnológicas. Somente as atividades de baixa intensidade tecnológica apresentaram variação positiva na PTF. O progresso técnico foi o componente que mais contribuiu para a queda na PTF.

Palavras-chave: Produtividade total dos fatores; Indústria de transformação;
Fronteira estocástica

ABSTRACT

Analysis of the Brazilian manufacturing industry productivity between 2003 and 2012

This study estimated the total factor productivity (TFP) for Brazilian manufacturing industry from 2003 to 2012, using a translog function and stochastic frontier model. The panel data originate from the *Pesquisa Industrial Anual* of IBGE. The main objective was to analyze the variation of TFP, decomposed into technical progress, technical efficiency, scale effect, allocative efficiency and random shocks. Results reveal negative TFP growth for the group of industrial activities over the period and to the high activity, upper middle and lower middle technological intensity. Only low technology activities had positive change in TFP. Technical progress was the component that contributed most to the fall in TFP.

Keywords: Total factor productivity; Manufacturing industry; Stochastic frontier

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - PIB - preços de mercado - Var. real anual – 1990 a 2013.	17
Figura 2 - Produto da Indústria e da indústria de transformação- variação real anual - (% a.a.) – 1971 a 2012.	19
Figura 3 - Participação da indústria de transformação no PIB a preços correntes - 1o trimestre de 1996 a 4o trimestre de 2014.	22
Figura 4 - Número de categorias da CNAE 1.0 e CNAE 2.0.	41
Figura 5 - Ano e classe da indústria de transformação com ativo corrigido de acordo com a metodologia adotada.	43
Figura 6 - Código das atividades excluídas da pesquisa.	44
Figura 7 - Decomposição da variação da produtividade por divisões de atividades – 2003 - 2007.	63
Figura 8 - Decomposição da variação da produtividade por divisões de atividades – 2007 - 2012.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo - 2003-2007	50
Tabela 2 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo - 2007-2012	51
Tabela 3 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo para alta intensidade tecnológica - 2003-2007.....	52
Tabela 4 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo para alta intensidade tecnológica – 2007 - 2012.....	52
Tabela 5 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo para média alta intensidade tecnológica – 2003 - 2007	53
Tabela 6 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo para média alta intensidade tecnológica – 2007 - 2012	53
Tabela 7 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo para média baixa intensidade tecnológica – 2003 - 2007	54
Tabela 8 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo para média baixa intensidade tecnológica – 2007 - 2012	54
Tabela 9 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo para baixa intensidade tecnológica – 2003 - 2007.....	55
Tabela 10 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo para baixa intensidade tecnológica – 2007 - 2012.....	55
Tabela 11 - Resultados da decomposição do produto e da PTF na indústria de transformação do Brasil em percentual (% a.a.) – 2004 a 2012.....	59
Tabela 12 - Resultados da decomposição do produto e da PTF na indústria de transformação do Brasil para alta intensidade tecnológica, em percentual (% a.a.) – 2004 a 2012.....	59
Tabela 13 - Resultados da decomposição do produto e da PTF na indústria de transformação do Brasil para média alta intensidade tecnológica, em percentual (% a.a.) – 2004 a 2012	60
Tabela 14 - Resultados da decomposição do produto e da PTF na indústria de transformação do Brasil para média baixa intensidade tecnológica, em percentual (% a.a.) – 2004 a 2012	61
Tabela 15 - Resultados da decomposição do produto e da PTF na indústria de transformação do Brasil para baixa intensidade tecnológica, em percentual (% a.a.) – 2004 a 2012	61

1 INTRODUÇÃO

O conceito de produtividade está ligado à eficiência e à capacidade de se produzir o máximo com os recursos disponíveis. O crescimento da produtividade gera aumento da produção e traz benefícios para o bem estar da população. Dada a sua importância, este assunto tem sido estudado, porém é mais comum que se analise a produtividade do trabalho, que é uma medida parcial. A carência de trabalhos mais abrangentes para indústria, abordando a produtividade total dos fatores (PTF) estimulou a elaboração desta pesquisa, que calcula a variação e decompõe a PTF da indústria de transformação. É esperado que um maior crescimento da PTF gere resultado semelhante sobre o produto industrial. Entretanto, a indústria, assim como a economia brasileira, não vem apresentando crescimento significativo da sua produção.

A partir dos anos 2000 a economia brasileira recuperou taxas mais elevadas de crescimento, quando comparadas com as taxas anuais de crescimento observadas nos anos 1990 (figura 1). Entre 1990 e 2001, o crescimento anual médio do PIB brasileiro foi de 1,84% aa, enquanto que no período 2002-2010 foi de 3,90% aa; mais recentemente, no período entre 2011 e 2013, a taxa de crescimento média do PIB recuou para 2,09%aa.

Figura 1 - PIB - preços de mercado - Var. real anual – 1990 a 2013
Fonte: IPEADATA, 2015.

Uma análise sobre as características do ambiente econômico que favoreceu a recuperação do crescimento foi feita por Fraga (2004). Segundo o autor, as reformas

econômicas implementadas nos anos 1990, que incluíam a estabilização monetária, contração das políticas fiscal e monetária, abertura econômica, privatização e desregulamentação foram importantes para a retomada do crescimento econômico dos países da América Latina. Segundo as estimativas de Bonelli e Pessoa (2013), comparando os períodos 1999-2002 e 2003-2010, no segundo período houve um aumento da taxa de crescimento da Produtividade Total dos Fatores (PTF), que seria resultado das reformas implementadas no período anterior.

As análises dos dados referentes à indústria revelam que o setor vem passando por momentos de crescimento de seu produto ainda mais fraco, como se pode observar na figura 2. Os anos recentes não refletem de forma alguma o crescimento experimentado pelo setor nos anos 1970, quando se verificou o auge do crescimento devido período denominado de Milagre Econômico (1968-1973) e aos investimentos públicos e privados resultantes do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND). O crescimento da indústria entre 1971 e 1979 foi de 9,4% em média ao ano, muito superior ao crescimento registrado entre 2000 e 2014, que foi de 2,7% em média ao ano. Já o crescimento da indústria de transformação foi ligeiramente inferior e registrou variações positivas de 9,0% em média ao ano para o primeiro período e de 2,2% entre 2000 e 2014. A preocupação com o baixo crescimento da indústria deve-se ao fato deste ser o setor mais dinâmico da economia, de acordo com Bonelli e Pessoa (2010).

Para Squeff e De Negri (2013, p. 27) “o baixo crescimento da produtividade é um dos principais fatores a explicar o fraco desempenho econômico da América Latina de modo geral e do Brasil, em particular, nas últimas décadas”. Este desempenho ruim, com baixo crescimento ou estagnação, também é verificado quando se analisa a produtividade do trabalho.

O desempenho da economia como um todo e de um setor em particular está relacionado, entre outros fatores, com o desempenho da produtividade. A Produtividade Total dos Fatores (PTF) é uma medida bastante utilizada na literatura, e revela a eficiência da economia ao combinar a totalidade dos recursos produtivos para gerar o produto. Desta forma, pode ser definida como a parcela do crescimento do produto que não pode ser atribuída ao crescimento dos insumos. Este conceito apresenta um cálculo mais complexo, dada à dificuldade de se levantar informações sobre os fatores de produção da economia.

Em termos de crescimento setorial, e da indústria mais especificamente, a figura 2 ilustra as taxas de crescimento anual do produto da indústria em geral e da indústria de transformação em particular. As taxas de crescimento foram sempre positivas e consideravelmente altas nos anos 1970. Destaca-se o crescimento industrial de 17,04% no ano de 1973. Observa-se ainda que em diversos períodos, o produto industrial apresenta retração, demonstrando grande sensibilidade aos períodos de crise interna ou externa.

Figura 2 - Produto da Indústria e da indústria de transformação- variação real anual - (% a.a.) – 1971 a 2012

Fonte: IPEADATA, 2013.

Ao longo do período 2000 a 2013, o PIB da indústria representou cerca de 27,63%, em média, do PIB nacional¹. Dada a importância do setor industrial na economia brasileira, no contexto do debate sobre o desempenho da PTF para o crescimento econômico do país, este trabalho procurou analisar o comportamento da PTF e de seus determinantes na indústria de transformação. Para uma avaliação mais detalhada do comportamento do setor, a análise também incluiu subgrupos de atividades classificadas em: alta intensidade tecnológica, média-alta intensidade tecnológica, média-baixa intensidade tecnológica e baixa intensidade tecnológica.

¹ A comparação se deu entre PIB - preços básicos - R\$ (milhões) e PIB - indústria - valor adicionado - preços básicos - R\$ (milhões). Ambas as séries estão na base de dados IPEADATA.

1.1 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é analisar a evolução da PTF na indústria de transformação da economia brasileira entre os anos de 2003 e 2012, e estimar a contribuição da PTF sobre o crescimento econômico do setor. Para tanto, foi utilizada a abordagem de fronteira de produção estocástica, de modo que a variação da PTF pode ser decomposta em progresso técnico, eficiência alocativa, eficiência técnica, eficiência de escala e choques aleatórios.

A análise também foi realizada com as classes da indústria de transformação agrupadas de acordo com a intensidade tecnológica.

1.2. Estrutura do trabalho

Além desta introdução, este trabalho conta com mais quatro seções. Na segunda seção é discutida a evolução recente da indústria no Brasil, na forma de revisão de literatura. Em seguida serão apresentados os dados e a metodologia proposta, seguidos dos resultados obtidos e da conclusão.

2 O DESEMPENHO DO SETOR INDUSTRIAL

De acordo com Bonelli, Pessôa e Matos (2013b), diversos países industrializados vêm percebendo redução do peso da indústria na economia a partir de meados do século XX, quando este setor passou a crescer menos, não crescer, ou decrescer em relação à economia. Os autores analisaram a composição do PIB utilizando o valor adicionado dos três setores da economia a preços básicos entre 1900 e 2010, e constataram que no decorrer deste período a agricultura cedeu espaço para os setores serviços e indústria. Esta última aumentou a sua participação de forma quase contínua até 1980, quando a indústria de transformação atingiu seu auge de participação em 33,7% do PIB. Desde então, o setor vem perdendo participação em favor do setor serviços. Em 1990, a indústria de transformação representava 29,1% do PIB, caindo para 25,0% em 2000. Já a indústria extrativa mineral, construção e serviços industriais de utilidade pública (distribuição de energia elétrica, água, coleta de lixo e esgoto, por exemplo) apresentam crescimento considerável na sua participação no PIB. Dentro da indústria de transformação, as indústrias tradicionais perderam participação. No ano de 1939 representavam 71% da indústria geral e, em 2010, apenas 30%. São consideradas tradicionais² as indústrias produtoras de bens de consumo correntes, como alimentos, têxteis, vestuário e calçados. Estas empresas embora possam atualmente utilizar alta tecnologia no processo produtivo são chamadas de tradicionais por terem surgido ainda no final do século XIX. Já as indústrias consideradas dinâmicas, que produzem bens intermediários e de capital e possuem geralmente tecnologia mais sofisticada, apresentaram aumento quase contínuo na sua participação em relação ao total da indústria.

Os dados referentes à indústria apresentados pela Pesquisa Industrial Anual (PIA), divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), trazem informações sobre as indústrias extrativas e as indústrias de transformação (IBGE, 2013). A presente pesquisa está voltada para esta última, cuja participação no PIB está ilustrada na figura 3.

² Para Bonelli, Pessôa e Matos (2013b) indústrias tradicionais são aquelas que produzem bens de consumo correntes, como alimentos, têxteis, vestuário e calçados, e que existem no Brasil desde o final do século XIX.

Figura 3 - Participação da indústria de transformação no PIB a preços correntes - 1o trimestre de 1996 a 4o trimestre de 2014

Fonte: IBGE, 2015.

A queda da participação da indústria, especialmente da indústria de transformação como demonstra a figura 3, está relacionada a uma série de fatores, segundo Bonelli e Pessôa (2010).

“(a) ganhos de produtividade na produção industrial; (b) mudanças nos padrões de comércio, com parte da produção antes gerada nos países da OCDE sendo suprida por países em desenvolvimento caracterizados por vantagens competitivas, em geral associadas (temporariamente) à utilização de mão de obra de baixo custo e a uma taxa de câmbio muito desvalorizada; (c) mudanças de preços relativos derivadas da introdução de novas tecnologias, economias de escala e especialização e ganhos de produtividade a elas associados; (d) terceirização de atividades antes executadas no interior das fábricas, que faz com que o uso de mão de obra direta por unidade de produção industrial diminua (e contribua para elevar a produtividade)” (Bonelli e Pessôa, 2010, p. 6).

Bonelli e Pessôa (2010) analisaram diversos países dividindo-os por características regionais e semelhança quanto ao nível de renda. Com poucas exceções, como a China, na maioria dos países houve a redução da participação do produto industrial no produto total das economias analisadas. Este seria um argumento de que a economia brasileira não está passando por um processo de desindustrialização, e sim se ajustando a uma tendência mundial observada recentemente. Finalmente, os autores destacaram que apesar de não considerarem que há um processo desindustrialização, o setor necessita de políticas de incentivo em inovação e transferência de tecnologia para que possa fazer frente aos produtos

industriais oferecidos no mercado internacional. Uma sugestão por eles apresentada para beneficiar o setor é a desoneração, especialmente da folha de pagamento.

Para Pastore, Gazzano e Pinotti (2013) a crise da indústria a partir de 2010 é resultado das medidas adotadas para o enfrentamento da crise financeira de 2008. Além disso, a propagação do choque externo também colaborou para a retração da atividade industrial. Neste sentido, para os autores, a adoção de uma política fiscal expansionista a partir de 2010 foi um erro, devido à proximidade de pleno emprego naquele momento. Houve elevação da absorção com o aumento dos gastos do governo e do consumo das famílias, viabilizado por elevação dos salários reais, transferências de renda e expansão do crédito. A indústria enfrentou elevação dos salários reais acima da produtividade média do trabalho, o que impediu maior utilização de sua capacidade produtiva; além disso, constataram os autores, houve aumento do custo unitário que não pôde ser repassado, o que pressionou a margem de lucros do setor.

A valorização da taxa câmbio foi duramente criticada por Pastore, Gazzano e Pinotti (2013), que afirmaram que a valorização da taxa de câmbio real era praticamente inevitável devido à baixa poupança doméstica, expansão da demanda com mercado de trabalho aquecido levou ao aumento dos salários reais e dos preços dos bens domésticos, e à elevação do custo unitário do trabalho. A elevação dos custos não foi compensada pela redução das taxas de juros reais, o que contribuiu para a queda da utilização da capacidade de produção. Para os autores “os erros de política econômica, mais do que a valorização cambial, estão por trás da letargia da indústria no período de 2010 em diante” (Pastore, Gazzano e Pinotti, 2013, p. 153).

Parnes e Hartung (2013) analisaram se o fraco desempenho da indústria nacional tem sido influenciado por fatores internos ou externos. Os autores concluíram que a causa é interna, uma vez que o desempenho da indústria brasileira foi inferior ao de outras regiões analisadas (Ásia, América Latina, Leste Europeu, Zona do Euro e Estados Unidos). A razão do problema estaria na perda de competitividade da indústria nacional, que apresentou um aumento dos salários médios reais, e baixo crescimento da produtividade em comparação com as economias asiáticas, por exemplo. Os dados revelaram que os salários reais em dólares praticados no Brasil são superiores ao dos demais países analisados

(Estados Unidos, Japão, Alemanha, Itália, Espanha, Coreia, Singapura e Taiwan). O aumento dos preços das *commodities* exportadas pelo Brasil aumentou os termos de troca e o câmbio real, e “o aumento dos termos de troca tende a aquecer o setor de serviços e elevar os salários” (PARNES; HARTUNG 2013, p. 169). Além disso, a política fiscal adotada pelo governo reduziu o superávit primário estrutural³ após 2005. Esta medida teve impactos sobre o setor de serviços e sobre os salários, aumentando a inflação e a taxa de juros, e apreciando a taxa de câmbio. Acrescenta-se ainda que a política salarial adotada pelo governo a partir de 2007, com o reajuste do salário mínimo sendo igual à variação da inflação do ano anterior mais o crescimento do PIB de dois anos antes, fez com que o salário mínimo real crescesse mais do que a produtividade do trabalho.

Bonelli e Bacha (2013) analisaram o comportamento da economia brasileira entre 1947 e 2011, e observaram que a partir de 1980 a economia brasileira não foi capaz de reproduzir as altas taxas de crescimento apresentadas antes deste período. Antes de 1980, a taxa de crescimento do estoque de capital atingiu 9,8%, já entre 1993 e 1999 esta variação foi de apenas 2,3%, o que representou menos de um terço do crescimento verificado anteriormente. É importante observar que os cálculos apresentados pelos autores revelam que a produtividade do capital declinou de forma constante entre 1948 e 1999, tendo apresentado moderada recuperação a partir do ano 2000. Ao decompor o crescimento do PIB por trabalhador para o período analisado, os autores verificaram que em períodos de crise tanto o crescimento da PTF, como da acumulação de capital foram baixos ou negativos. Por isso, os autores destacaram que a compreensão do crescimento brasileiro requer que se considere tanto o comportamento da acumulação de capital como o progresso técnico.

De acordo com Bonelli e Pessoa (2010) a indústria teve redução da sua participação na economia desde meados da década de 1980, quando a avaliação é feita a preços correntes, e desde meados da década de 1970, quando avaliados em preços constantes. Segundo os autores, a indústria é o setor mais dinâmico da economia, e bastante vulnerável às crises externas e internas, dada à alta elasticidade renda dos bens produzidos neste setor. A redução de sua participação na economia gera temor de que o país fique limitado na sua capacidade de

³ Superávit primário estrutural é o que poderia ser obtido se o produto estivesse em seu nível potencial.

crescimento. Baseados nos dados de emprego na indústria, evolução da produtividade e evolução do investimento industrial, os autores discordam da interpretação de que esteja ocorrendo um processo de desindustrialização na economia brasileira. O que vem acontecendo, segundo Bonelli e Pessôa (2010), é uma redução da participação da indústria na economia mundial. Este seria um evento natural na trajetória de crescimento das economias, onde inicialmente as atividades agropecuárias e primárias cedem espaço para a participação da indústria, e esta em seguida perde espaço para o setor de serviços.

Para Bonelli e Pinheiro (2012) o que vem ocorrendo é um deslocamento da produção em direção aos países africanos e asiáticos, devido aos baixos salários que são pagos nestas regiões, o que lhes confere vantagem comparativa. De acordo com os autores, a indústria nacional sofre dos mesmos males que a maioria dos demais países, e tem enfrentado perda de competitividade resultante da valorização recente do real, e da desvalorização contínua da moeda chinesa. Neste trabalho os autores admitiram que possa estar ocorrendo um processo precoce de desindustrialização no Brasil, e em diversos outros países em função da perda de competitividade. O questionamento os levou a pesquisar quais seriam os elementos, além do câmbio, que limitariam a competitividade da indústria nacional. Os autores destacaram:

Elevada carga tributária, má qualidade da infraestrutura logística, alto custo da energia e das telecomunicações, custo da mão de obra e baixo nível educacional, elevado custo de capital, baixos níveis de absorção de tecnologia e de investimento em P&D (BONELLI e PINHEIRO, 2012, p.22).

De acordo com Schymamura e Pinheiro (2013), a queda da participação da produção industrial no PIB traz prejuízos à economia devido à eliminação de postos de trabalho, queda na qualidade do emprego e impacto no crescimento da economia e na distribuição de renda. A desindustrialização é acompanhada do deslocamento de trabalhadores para atividades com menor produtividade da mão de obra como o setor de serviços, além da informalidade. Por outro lado, o setor industrial tem um caráter dinamizador da economia na medida em que consome muitos insumos dos outros setores. Ressalta-se, porém, que o setor tem limitada capacidade de gerar empregos em larga escala.

Segundo Bacha (2013) a desindustrialização é definida como a queda da participação da indústria de transformação no PIB a preços constantes.

Considerando os bens comercializáveis produzidos pela indústria e os bens domésticos pelo setor de serviços, um aumento na renda aumenta o gasto para os dois tipos de bens. O aumento da demanda por bens comercializáveis aumenta as importações, reduzindo as exportações e o superávit. Para os bens domésticos, o aumento da demanda gera elevação dos preços e da demanda por mão de obra, necessária para satisfazer a maior demanda por bens. Disto resulta a elevação dos salários, o que reduz a rentabilidade da indústria, bem como sua produção no período seguinte, configurando a situação de desindustrialização.

Rodrik (2015) definiu desindustrialização como um processo que vem ocorrendo em diversos países, como Estados Unidos e Inglaterra, e que é caracterizado pela redução do emprego no setor de manufaturas. Em um processo completo de desindustrialização verifica-se, além da redução do emprego, a redução do valor adicionado da indústria no total do PIB. A desindustrialização, porém, não ocorre somente em países que completaram o processo de desenvolvimento industrial. Em países ainda em desenvolvimento, o processo de desindustrialização vem ocorrendo, e traz consigo a desvantagem de atingi-los em um nível de renda baixo relativamente aos países mais desenvolvidos. Estes países passam a ter no setor de serviços, então, o grande gerador de emprego e renda.

A redução do emprego devido à desindustrialização acontece porque a produtividade cresce mais rápido no setor de manufatura, o que desemprega mão de obra, reduzindo a participação do emprego industrial em relação ao total da economia. A redução da participação do valor adicionado da indústria em relação ao total da economia ocorre na sequência da perda de importância do emprego.

Ainda que a desindustrialização possa atingir países desenvolvidos e em desenvolvimento, o elemento propulsor é diferente. O autor afirma que:

Enquanto progresso tecnológico é sem dúvida uma grande parte da história por trás do emprego de desindustrialização em países avançados, em países em desenvolvimento comércio e globalização desempenham um papel comparativamente maior (RODRIK, 2015, p.5)

Desta forma, para países desenvolvidos, a tecnologia desemprega, na medida em que substitui trabalhadores no processo produtivo. Já para os países em desenvolvimento, a abertura comercial faz com que em suas economias prevaleça o preço relativo mais baixo das manufaturas, que são praticados nos países

desenvolvidos, o que torna difícil o desenvolvimento industrial e a geração de novos empregos.

Cabe destacar ainda que a desindustrialização traz consigo a perda de bons empregos, aumento da desigualdade e declínio na capacidade de inovação. Este problema é maior nos países em desenvolvimento, pois reduz a capacidade de crescimento econômico e a possibilidade de convergência com níveis de renda das economias avançadas, uma vez que as indústrias formais tendem a ser o setor tecnologicamente mais dinâmico (RODRIK, 2015).

Na busca por uma medida de desindustrialização, Rodrik (2015) analisou o comportamento da parcela do emprego industrial no total da economia, assim como o valor adicionado a preços correntes e a preços constantes em relação ao PIB. Utilizando uma amostra de 42 países ao longo de aproximadamente 60 anos, verificou que as parcelas de emprego e de valor adicionado (VA) em relação ao total da economia crescem, atingem um pico e depois caem. Como causas são destacadas a mudança no consumo de bens para serviços, e o crescimento maior da produtividade das manufaturas em relação ao restante da economia. O aumento da produtividade reduz o preço relativo dos manufaturados em relação aos demais preços da economia, e isto gera redução da parcela do valor da indústria em relação ao total. Entretanto, cabe observar que a queda da parcela de emprego foi sempre mais acentuada, em todos os cenários testados pelo autor. Quando comparados diferentes grupos de países, o autor verificou que o pior desempenho foi apresentado pela África Sub-Ariana, que teve queda de todas as parcelas. Ásia não apresentou redução da parcela de emprego, o que contrariou a tendência global, enquanto que para a América Latina, o desempenho foi negativo para as parcelas de emprego e valor adicionado real.

Quando comparados os países exportadores de manufaturas com aqueles que não são exportadores, o autor verificou que a vantagem comparativa em manufatura evitou o declínio da parcela do VA e a perda na parcela de emprego foi menor. Outra análise importante envolveu a dotação de qualificação da mão de obra, pois quem mais perde emprego com as mudanças no comércio e na tecnologia industrial são os trabalhadores com menor qualificação.

Rodrik (2015) constatou ainda que países de industrialização recente atingem o pico de participação do emprego industrial no total, bem como a participação do

valor adicionado industrial no total, em níveis de rendas mais baixos, se comparados com os países mais avançados. A este evento, o autor chamou de desindustrialização prematura.

Ao analisar a trajetória de desenvolvimento econômico, Cano (2012) considerou que é natural que a participação da indústria se reduza em função da dinâmica inerente ao processo. Partindo-se de uma economia com baixo grau de desenvolvimento, uma modernização da agricultura demanda igual processo na indústria e, conseqüentemente, ocorre a intensificação da urbanização. O desenvolvimento das cidades impulsiona o setor serviços que se diversifica e se torna mais dinâmico. Com isto, tem-se um aumento da participação do setor serviços na economia, em detrimento da indústria. Este processo o autor denominou de desindustrialização normal ou positiva.

Em países em desenvolvimento tem-se verificado a redução da participação da indústria no PIB, porém não de forma positiva ou natural. Cano (2012) apontou cinco fatores que causaram a desindustrialização na economia brasileira. O primeiro é a taxa de câmbio valorizada, que associada com juros altos e âncora fiscal derrubou a competitividade da indústria nacional. Outro fator apontado foi a abertura da economia conduzida de forma inadequada, que causou forte queda na proteção à indústria, sem condições de concorrer com produtos importados. Como terceira causa, o autor citou a taxa de juros elevada, que desestimula os investimentos que fomentariam o progresso técnico. Uma indústria obsoleta não apresenta condições de concorrer internamente ou externamente, e torna-se um entrave ao desenvolvimento do país. A quarta causa estaria relacionada com o investimento estrangeiro direto, que tem se direcionado para países como a China. O investimento desta natureza que vem para o Brasil não tem sido alocado, em sua maior parte, no setor produtivo, e sim no segmento financeiro, particularmente na forma especulativa. Finalmente, Cano (2012) destacou que a desaceleração da economia mundial a partir de 2007 teve forte impacto sobre a economia brasileira, na medida em que estes países adotaram medidas agressivas para ganhar mercado internacional para seus produtos manufaturados. O autor observou ainda que o processo de desindustrialização impõe à indústria de transformação, e às exportações, mudanças em suas estruturas em direção à produção e exportação de bens menos sofisticados tecnologicamente.

Como possível solução aos problemas enfrentados pela indústria, Cano (2012) sugeriu que uma política industrial deveria ser acompanhada de política macroeconômica coerente, relacionada às taxas de juros, política cambial, abertura da economia e administração da conta capital e do Balanço de Pagamentos.

Já Nassif (2008) contestou a ocorrência de desindustrialização na economia brasileira, que teria sido causada por uma nova forma de “doença holandesa”, desencadeada a partir da liberalização comercial e financeira, e de mudanças institucionais que aconteceram na América Latina e no Brasil a partir dos anos 1990. Em sua argumentação, o autor concordou com o argumento de que a queda da participação do produto industrial em relação ao produto total é um fato inerente ao desenvolvimento de um país em direção aos estágios mais avançados de renda. A investigação do autor concentrou-se inicialmente na análise da estrutura produtiva brasileira que, entre 1947 e 2004, apresentou redução da participação da indústria de transformação e da agropecuária, e aumento na participação do setor de serviços entre a segunda metade dos anos 1980 e o início da década seguinte. De acordo com aquele autor, uma vez que este movimento aconteceu antes das medidas liberalizantes do início da década de 1990, o mesmo não pode ser atribuído à abertura econômica, como advogam os analistas da nova “doença holandesa”. Além disso, esta alteração na participação dos setores produtivos não se aprofundou nos anos 1990, e ainda sofreu uma leve reversão no movimento a partir de 1998. Outros dois fatores são apontados pelo autor como argumentos da não existência da desindustrialização no Brasil. Primeiro é de que não há realocação de fatores produtivos em direção a grupos de indústrias com tecnologias baseadas em recursos naturais. As variações que se verificam são muito pequenas, e não permitem afirmar que ocorre uma alteração significativa na estrutura produtiva. Um segundo fator apontado é que não ocorre forte alteração na pauta de exportação, o que conduziria a um padrão de especialização em produtos intensivos em recursos naturais ou em trabalho. Ao final de sua exposição o autor alertou para o risco de que ocorra a desindustrialização, caso seja mantida a sobrevalorização sistemática da moeda nacional frente ao dólar.

Ao analisar o desempenho do comércio externo, Cunha, Lelis e Fligenspan (2013) verificaram que o crescimento da demanda doméstica, associado à queda na rentabilidade das exportações, resultante de câmbio sobrevalorizado,

levou a indústria a direcionar parte maior da sua produção para o mercado interno. Isto gerou queda no coeficiente das exportações de manufaturas, bem como aumento da importação de bens industrializados, em especial dos bens de capital para equipar a indústria nacional. A redução do saldo da balança comercial, em especial para os produtos manufaturados, foi potencializada pela elevada elasticidade renda das importações. Diante do exposto, não teria ocorrido até o momento analisado pelo artigo um processo de desindustrialização. Mas os autores alertaram que este pode vir a acontecer, caso não sejam adotadas medidas para estimular as exportações, especialmente de produtos importados, juntamente com políticas industriais voltadas para a inovação tecnológica, com modernização da infraestrutura produtiva. Além disso, seriam necessárias medidas de política macroeconômica que eliminem distorções em taxas de câmbio e taxas de juros.

Por outro lado, Oreiro e Feijó (2010) consideram que vem ocorrendo desindustrialização na economia brasileira, caracterizada pela redução da participação do valor adicionado da indústria de transformação no PIB. Para os autores, este evento está relacionado à ocorrência de “doença holandesa”. O termo refere-se originalmente ao fato que ocorre quando as *commodities* produzidas por uma economia tem preço de mercado superior ao custo marginal social de produção e causa a apreciação real da taxa de câmbio. Verifica-se então o aumento da participação de produtos primários e com baixo conteúdo tecnológico na pauta de exportação. Por outro lado, a apreciação cambial impõe muitas dificuldades ao setor manufatureiro para que este possa concorrer com os produtos industrializados importados.

A redução da participação do valor adicionado da indústria de transformação no total de uma economia é esperada a partir de certo nível de renda per capita. Isto acontece porque “a elasticidade renda da demanda de serviços tende a crescer com o desenvolvimento econômico, tornando-se maior do que a elasticidade renda da demanda por manufaturados” (OREIRO; FEIJÓ, 2010, p. 222). Assim, o setor de serviços aumenta a sua participação no PIB em detrimento da indústria. O problema ocorre quando a queda da participação da indústria no PIB decorre do fenômeno denominado de “doença holandesa”. Neste caso, a desindustrialização é precoce, e atinge a economia antes de sua maturidade.

Mation (2013) comparou a evolução da produtividade total dos fatores do Brasil, China, Coréia do Sul e Estados Unidos, tendo como referência o

comportamento da produtividade deste último, e verificou que até 1980 a PTF da economia brasileira apresentou desempenho superior aos três demais países. Após este período, a tendência se reverteu ao passo que os demais países apresentaram evolução ascendente, com destaque para o desempenho da PTF chinesa. O autor observou também que neste período a PTF norte-americana cresceu consistentemente, o que reforça ainda mais a evolução positiva das economias chinesa e coreana.

A PTF na América Latina foi alta, por exemplo, quando comparada com a produtividade dos Estados Unidos no período em que os países da região passou por uma série de intervenções que impediam a livre concorrência. De acordo com Ferreira, Pessoa e Veloso (2010) este cenário contraria as evidências de que barreiras à competição conduzem uma PTF baixa. Entre os anos de 1960 e 1980 a PTF latino americana era muito próxima à norte-americana, com taxa de crescimento média anual de 0,69%, enquanto o dos EUA era de 0,64%. Este foi o período em que a economia brasileira desenvolveu-se sob o processo de industrialização por substituição de importação, e com grande intervenção do Estado na economia. Ainda sobre este período, pode-se verificar que a PTF relativa era superior a dos países da Europa Ocidental e do Leste Asiático. Após os anos 1980, entretanto, os dados mostram que a PTF latino-americana apresentou queda significativa, ao passo que nos países do Leste Asiático esta variável cresceu até o final dos anos 1990. Diante do exposto, os autores concluem que o papel da PTF para o desenvolvimento da economia foi negativo apenas após os anos 1980.

at least until the late seventies, TFP was not the main cause for the relative poverty of the region. The main determinants of low income per worker in the region were factors of production, namely physical and human capital. However, after the late seventies the TFP decline was the main explanation for Latin America stagnation⁴ (FERREIRA, PESSÔA e VELOSO, 2010, p. 16).

Já Ferreira e Trejos (2011) ao analisarem os impactos da abertura comercial sobre a produtividade e, conseqüentemente, sobre a economia, verificaram que o comércio internacional gera uma alocação mais eficiente dos insumos produtivos entre os setores da economia que conduz a um aumento na produtividade e,

⁴ Pelo menos até o final dos anos setenta, PTF não foi identificada como a principal causa para a pobreza relativa da região. Os principais determinantes da baixa renda por trabalhador na região foram fatores de produção, ou seja, o capital físico e humano. No entanto, após o final dos anos setenta o declínio da PTF foi a principal explicação para a estagnação da América Latina.

portanto, um produto final maior do que se não tivesse a influência do comércio internacional. Pelo modelo construído pelos autores, pode-se ainda constatar que o comércio internacional tem maior impacto em termos de ganho de produtividade para países pobres em comparação com os países ricos.

Em meio às mudanças ocorridas no início dos anos 1990, Bonelli e Fonseca (1998) questionaram se estavam ocorrendo ganhos de eficiência e produtividade, e qual seria a sua magnitude. Os autores constataram que o processo de privatizações, abertura econômica, a desregulamentação da economia entre outras medidas havia provocado um aumento na produtividade industrial. Inicialmente a produtividade do trabalho, apesar de ser uma medida parcial, apresentou crescimento de 8,55% ao ano entre 1991 e 1997, revertendo a tendência de queda que vinha desde os anos 1970. No mesmo sentido, a variação da PTF da indústria foi de 5,5% ao ano entre 1993 e 1997, nível considerado alto, se comparado ao período imediatamente anterior.

Ferreira, Ellery Jr e Gomes (2005) calcularam a PTF para economia brasileira entre os anos de 1970 e 2000 utilizando-se de diversas medidas alternativas, para avaliar a queda da produtividade relacionada à queda da taxa média de crescimento do produto *per capita* entre os anos de 1980 e 2003. Os resultados revelaram que entre o período de 1970 e 2000, o valor da PTF declinou para todas as medidas utilizadas, exceto quando a PTF é corrigida por movimentos dos preços relativos. Neste caso, a tendência de queda permaneceu, mas o valor da PTF foi superior ao obtido pelo cenário base, e demonstrou recuperação nos anos 1990.

O ciclo de crescimento experimentado pelo Brasil entre o início dos anos 2000 e a crise de 2008 foi marcado por ganhos em termos de renda *per capita* e inclusão social. Segundo De Negri e Cavalcante (2013) outra característica importante deste ciclo foi que ele esteve associado ao crescimento da taxa de ocupação e de participação da mão de obra, mas sem a contrapartida de crescimento da produtividade. Diante deste cenário, os autores afirmaram que se faz necessário o aumento dos níveis de produtividade para que se tenha crescimento sustentável, uma vez que o aumento daquelas taxas não deve se repetir tão cedo, devido à situação próxima de pleno emprego da mão de obra. A análise das taxas médias de crescimento da produtividade do trabalho entre 2000 e 2009 revelou que o comportamento foi bastante diversificado entre os setores. A agropecuária apresentou melhor desempenho da produtividade do trabalho com crescimento

médio anual de 3,8%, seguida pela indústria extrativa que cresceu 2,0% ao ano. Para o setor serviços, a produtividade esteve praticamente estagnada com variação de 0,6%. O pior desempenho foi da indústria de transformação, onde a produtividade do trabalho apresentou variação negativa de 0,8% ao ano. No total da economia brasileira, a produtividade do trabalho cresceu apenas 1,0% ao ano entre 2000 e 2009.

Na tentativa de compreender as causas do baixo crescimento da produtividade na economia brasileira, Squeff e De Negri (2013) analisaram o comportamento da estrutura produtiva da economia brasileira e verificaram que ao longo dos anos 2000 o setor serviços aumentou de forma moderada a sua participação no valor adicionado. Este evento contribuiu para o melhor desempenho da produtividade total entre os anos 2005 e 2009, uma vez que o aumento da participação do setor serviços foi acompanhado de aceleração da taxa de crescimento de sua produtividade, ainda que de forma moderada. De acordo com os autores, este resultado contrariou estudos publicados que afirmavam que a alteração estrutural das economias latino americanas, com aumento da participação do setor de serviços, levaria à redução da produtividade agregada.

Lisboa e Pessoa (2013) avaliaram que a conjuntura econômica do país tem sido marcada por reduzidos níveis de investimento e crescimento combinados com alto nível de emprego. Buscando compreender esta contradição, abordaram as mudanças institucionais que atingiram de forma diferente o setor de serviços, em particular a intermediação financeira, e a indústria de transformação. Para o setor de serviços, que é um grande empregador, melhorias institucionais, como por exemplo, a nova lei de falências e formas de crédito ao consumidor mais acessíveis, aumentaram a produtividade e geraram crescimento das atividades. As novas regras de concessão de crédito e garantias mais consistentes de pagamento levaram à redução da inadimplência e, portanto do custo ao tomador. O mercado tornou-se mais competitivo e as taxas de juros caíram, logo maior volume de recursos foi emprestado gerando crescimento e aumento da produtividade do setor de serviços, em particular a concessão de crédito. Parte deste crédito foi direcionada à indústria.

Já a indústria de transformação sofreu com a oferta inadequada de investimentos mais complexos, como infraestrutura, que demandam uma organização institucional eficiente para avaliar projetos e seus impactos, e para

realizar acompanhamento dos mesmos. A ineficiência em gerir tais projetos gerou insegurança e dificuldades, e para os autores implicou em aumento de custos de projetos em andamento e futuros, o que tem comprometido geração de energia, melhores estradas, portos e aeroportos, por exemplo. Portanto, para Lisboa e Pessoa (2013), todos esses fatores afetam negativamente a produtividade da indústria.

Diante de tantas dificuldades enfrentadas pela indústria brasileira, alguns autores defendem a adoção de uma política industrial como forma de estimular o crescimento do setor, além de gerar superávits comerciais e melhorar as contas externas. Ferreira (2005) discordou desta avaliação, argumentando que a adoção de uma política industrial voltada a um setor específico deve ocorrer somente quando se verifica uma falha de mercado, e ainda deve ser considerado que o benefício social supere o custo social. Do ponto de vista macroeconômico, a adoção de uma política industrial setorial não teria impacto em termos agregados na economia, gerando apenas um deslocamento de mão de obra e de investimentos para o setor eventualmente beneficiado, além da concentração de salários e lucros neste setor. A inevitável comparação com os países do leste asiático sobre a adoção de políticas industriais deve ser feita com o cuidado de se observar que lá foram adotadas políticas horizontais como “expansão da educação, abertura ao exterior, investimentos em infraestrutura e modificações positivas nas contas públicas” (FERREIRA, 2005, p.24). Desta forma, não é possível atribuir somente às políticas industriais o sucesso do crescimento daqueles países. Por fim o autor defendeu que “a utilização de políticas horizontais têm não só maior potencial de afetar a produtividade industrial como um todo, mas apresenta maior grau de transparência e equidade” (FERREIRA, 2005, p.25).

Seguindo esta mesma linha de análise, Canêdo-Pinheiro et al. (2007) criticaram política industrial brasileira apresentada em 2003, e apontaram, entre outros fatos, que se tentou ali buscar a solução para o desemprego, mas os setores escolhidos eram pouco intensivos em mão de obra. Outros equívocos destacados pelos autores referiam-se ao uso da política industrial para resolver questões de restrição externa da economia brasileira, e minimizar diferenças regionais, de modo que estas não seriam funções exclusivas da política industrial.

3 METODOLOGIA

Um processo produtivo eficiente deve ser capaz de gerar a maior quantidade possível de produto ao final da atividade, utilizando os insumos e a tecnologia disponíveis. Este resultado, entretanto nem sempre pode ser verificado, ou seja, a eficiência nem sempre é garantida em uma unidade produtiva. Vários fatores podem contribuir para que não se opere eficientemente. Estes fatores podem estar relacionados à administração do processo, ou a fatores externos à tomada de decisão de quem produz.

De acordo com Coelli, Rao, O'Donnell e Battese (2005) a produtividade em uma economia pode variar quando ocorre variação técnica, que altera a tecnologia de produção, ou ainda quando se verifica uma mudança na eficiência, resultante do aprimoramento por parte de uma firma no uso da tecnologia disponível. Os autores destacaram também a contribuição positiva das mudanças na eficiência de escala, que ocorrem quando uma firma altera a sua escala de produção no sentido de produzir em uma escala que lhe possibilite maior produtividade.

Para Coelli, Rao, O'Donnell e Battese (2005), a eficiência técnica é verificada quando uma firma obtém o máximo produto com um dado conjunto de insumos. Por outro lado, a eficiência alocativa implica que a firma obtém seu produto associando os insumos em proporções ótimas, dados seus preços e a tecnologia disponível.

Farrell (1957) definiu ineficiência produtiva total composta por ineficiência técnica e alocativa. Verifica-se ineficiência técnica quando a produção é inferior ao máximo produto que poderia ser atingido se os fatores fossem adequadamente usados. Já a eficiência alocativa ocorre quando os insumos não são combinados na forma a atingir a máxima produção possível. A pesquisa sobre eficiência produtiva contribuiu para o desenvolvimento da Análise de Fronteira Estocástica (AFE), que é um método paramétrico utilizado para obter as estimativas de parâmetros e de eficiências da função de produção, de custo ou de lucro, e que requer a adoção prévia de uma forma funcional para a tecnologia.

A origem da AFE deu-se com a publicação simultânea de dois artigos: Meeusen e Van den Broeck (1977) e Aigner, Lovell e Schmidt (1977). Estes estudos foram seguidos pela publicação de Battese e Corra (1977). Estes três trabalhos

caracterizam-se pela adoção do erro composto na função a ser estimada. Diferente do tradicional uso da distribuição simétrica dos erros estatísticos em torno de zero, no modelo AFE o erro composto apresenta uma parte em que é aleatório, e simetricamente distribuído em torno de zero, e na outra parte ele é assimétrico. Assim, o erro será negativamente assimétrico se a função for de produção ou lucro, e positivamente assimétrico se se tratar de função custo. Este trabalho adotou a função produção, e também um erro negativo na forma funcional representando a ineficiência produtiva, que joga a função para baixo da fronteira quando $u > 0$. Se $u = 0$, a atividade em questão está sobre a fronteira. O erro aleatório (v) pode apresentar valores positivos e negativos.

Neste trabalho foi considerada uma função de produção na forma logarítmica transcendental (translog), que carrega consigo a vantagem de ser mais flexível que as formas funcionais tradicionais, e permite avaliar a presença de eficiência de escala, além de não impor restrições quanto à elasticidade de substituição entre fatores.

Os dados utilizados originam-se de um painel, que apresenta grandes vantagens na estimação de fronteiras. Uma delas é a obtenção de parâmetros e previsores mais eficientes, e de estimadores consistentes para eficiência técnica. Pode-se ainda relaxar as restrições de que o componente erro relacionado à ineficiência (u_{it}) seja independente dos regressores, assim como as imposições sobre as distribuições do erro composto.

Entretanto, uma vez que se têm informações sobre a distribuição do erro, todos os parâmetros podem ser estimados de forma mais eficiente por máxima verossimilhança.

A fronteira estocástica de produção é expressa genericamente na literatura sobre o tema da seguinte forma:

$$y = f(x, \beta) \exp(v - u) \quad (1)$$

onde:

y é o vetor do produto;

x é o vetor de insumos;

β é o vetor dos parâmetros tecnológicos;

v é o ruído estatístico, $v \sim N(0, \sigma_v^2)$;

u é o termo erro que captura os efeitos da ineficiência técnica.

Diferentes distribuições para o termo de ineficiência foram sugeridas na literatura. Meeusen e Van den Broeck (1977) adotaram a distribuição exponencial. Battese e Corra (1977) assumiram uma distribuição *half normal* e Aigner, Lovell e Smith (1977) utilizaram as duas formas mencionadas. O presente trabalho segue Pires e Garcia (2012), que adotaram a distribuição normal truncada, com média não nula μ . De acordo com Schettini (2010), a grande vantagem desta distribuição está no fato de se poder considerar a heterogeneidade na distribuição da ineficiência técnica. Uma vez que a atividade industrial, objeto deste estudo, apresenta setores bastante heterogêneos, esta qualidade torna-se importante.

Pires e Garcia (2012) utilizaram ainda a decomposição da produtividade total dos fatores (PTF) sugerida por Bauer (1990) e Kumbhakar e Lovell (2000), em que são avaliados os efeitos das variações nas eficiências técnica e alocativa, efeito escala e progresso técnico. Variações na eficiência técnica representam o movimento de uma atividade em direção à fronteira de produção, enquanto o progresso técnico considera o deslocamento da fronteira ao longo do tempo. Ainda de acordo com Pires e Garcia (2012), o uso da forma funcional translog é interessante porque, além de ser muito flexível quando comparada às formas funcionais clássicas, permite avaliar a presença de eficiência de escala. Os autores destacaram ainda que a decomposição Bauer-Kumbhakar, ao permitir avaliar a mudança na eficiência alocativa, explica em conjunto com o progresso técnico, parcela considerável da mudança na PTF.

O modelo de fronteira estocástica é representado pela expressão (2):

$$y = f(t, x, \beta) \cdot \exp(v) \cdot \exp(-u), \quad u \geq 0 \quad (2)$$

Onde:

- $f(t, x, \beta) \cdot \exp(v)$ representa a fronteira de produção estocástica;
- t é o tempo; x são os insumos e β os parâmetros estimados;
- v é a parte aleatória do erro, com distribuição simétrica, que captura os efeitos aleatórios de medida de erros e choques exógenos;
- u representa a ineficiência técnica que desloca para baixo da função de produção, com distribuição normal truncada.

Particularmente, para cada classe de atividade i em cada período t , tem-se:

$$y_{it} = f(t, x_{it}, \beta) \cdot \exp(v_{it}) \cdot \exp(-u_{it}); i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (3)$$

Assim como Bragagnolo (2012) aplicou para agricultura brasileira, assume-se que $v \sim \text{iid } N(0, \sigma^2)$; $u \sim \text{NT}(\mu, \sigma_u^2)$, ou seja, u tem distribuição normal truncada com média não nula μ . As duas parcelas do erro são independentes uma da outra, e admite-se que x é exógeno. O modelo é estimado por máxima verossimilhança.

Os componentes de eficiência técnica são considerados variantes no tempo, como foi parametrizado por Battese e Coelli (1992):

$$u_{it} = \exp[-\eta(t - T)] \cdot u_i; u_{it} \geq 0 \text{ e } i = 1, \dots, N \text{ e } t \in \tau(i) \quad (4)$$

Na expressão (4), $\tau(i)$ representa todos os períodos apresentados no painel. O elemento η estabelece o comportamento da eficiência técnica ao longo do tempo. Se η é não significativamente diferente de zero, a ineficiência é invariante no tempo. Se $\eta > 0$, a ineficiência técnica decresce. Caso contrário, se $\eta < 0$, cresce a taxas crescentes. O valor estimado de η é o mesmo para todas as classes de atividades da indústria a cada intervalo de tempo estudado (2003 a 2007 e 2007 a 2012) e a cada um dos agrupamentos de intensidade tecnológica. (PESQUISA, 2003; PESQUISA, 2010; IBGE, 2014).

Aplicando o modelo de fronteira estocástica para estimar uma função translog com dois fatores de produção, capital (K) e trabalho (L), tem-se a expressão (5):

$$\begin{aligned} \ln y_{it} = & \beta_0 + \beta_t t + \beta_K \ln K_{it} + \beta_L \ln L_{it} + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 + \frac{1}{2} \beta_{KK} (\ln K_{it})^2 \\ & + \frac{1}{2} \beta_{LL} (\ln L_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{KL} (\ln K_{it}) \cdot (\ln L_{it}) + \beta_{Kt} [(\ln K_{it}) \cdot t] \\ & + \beta_{Lt} [(\ln L_{it}) \cdot t] + v_{it} + -u_{it} \end{aligned} \quad (5)$$

As elasticidades do produto em relação aos fatores de produção, K e L , são obtidas derivando a expressão (5) em relação aos fatores, e são específicas de cada atividade e ano analisado. O mesmo procedimento é utilizado com o progresso técnico, obtido pela derivação da expressão (5) em relação ao tempo.

Desta forma, partindo da parcela determinística da expressão (5), Pires e Garcia (2012) demonstraram que o progresso técnico, obtido pela diferenciação da expressão (5) pode ser representado por:

$$\frac{\dot{y}}{y} = \frac{\partial \ln f(t, K, L, \beta)}{\partial t} + \varepsilon_K \frac{\dot{K}}{K} + \varepsilon_L \frac{\dot{L}}{L} - \frac{\partial u}{\partial t} \quad (6)$$

Assim, ε_K é a elasticidade do produto em relação ao capital, ε_L representa a elasticidade do produto em relação ao trabalho e PT é o progresso técnico.

De acordo com Pires e Garcia (2012), é possível analisar a mudança na produtividade, seguindo a decomposição Bauer-Kumbhakar. Para tanto, parte-se da expressão do índice Divisia:

$$g_{PTF} = \frac{\dot{y}}{y} - s_K \frac{\dot{K}}{K} - s_L \frac{\dot{L}}{L} \quad (7)$$

As parcelas do capital e do trabalho na renda são representadas por s_K e s_L , respectivamente.

Novamente conforme Pires e Garcia (2012), o retorno à escala (RTS) é definido por $RTS = \varepsilon_K + \varepsilon_L$, sendo que:

$$\lambda_K = \frac{\varepsilon_K}{RTS}, \quad \lambda_L = \frac{\varepsilon_L}{RTS} \quad (8)$$

Depois de estimada a fronteira estocástica apresentada em (5), e utilizando-se de algumas manipulações algébricas, obtém-se a taxa de mudança da PTF (g_{PTF}) e seus componentes:

$$g_{PTF} = TP - \dot{u} + (RTS - 1) \cdot [\lambda_K \cdot g_K + \lambda_L \cdot g_L] + [(\lambda_K - s_K) \cdot g_K + (\lambda_L - s_L) \cdot g_L] \quad (9)$$

Desta forma, os quatro elementos de mudança na PTF identificados por Pires e Garcia (2012) são:

- (i) O progresso técnico, medido por $PT = \frac{\partial \ln f(t, K, L, \beta)}{\partial t}$;
- (ii) A mudança na eficiência técnica, medida por $-\dot{u}$;
- (iii) A mudança na escala de produção dada por $(RTS - 1) \cdot [\lambda_K \cdot g_K + \lambda_L \cdot g_L]$;

- (iv) A mudança na eficiência alocativa, medida por $[(\lambda_K - s_K) \cdot g_K + (\lambda_L - s_L) \cdot g_L]$.

Com esta decomposição, é possível avaliar qual o papel desempenhado por cada um dos componentes sobre g_{PTF} . Por exemplo, se não houver progresso técnico, ou seja, $PT = 0$, qualquer variação positiva e desejada na PTF dependerá da redução na ineficiência técnica, de um aumento na escala de produção ou de melhoria na eficiência alocativa. Análise semelhante pode ser feita no que se refere à escala de produção, uma vez que não existindo retornos à escala, $RTS = 1$, o terceiro componente não contribuirá para a variação da produtividade. Por outro lado, se os retornos forem crescentes, $RTS > 1$, um aumento na quantidade de fatores produtivos, contribui para o crescimento da taxa de variação da PTF e uma redução nos mesmos, pode reduzir a taxa de variação da produtividade. Se forem observados retornos decrescentes à escala, $RTS < 1$, o aumento nos fatores reduz a taxa de variação da PTF e a redução nos fatores pode contribuir para o aumento de g_{PTF} . Em relação à eficiência alocativa, considerando que $\lambda_K + \lambda_L = 1$, as parcelas $(\lambda_K - s_K)$ e $(\lambda_L - s_L)$ são simétricas e apresentam sinais opostos. Assim, um aumento na intensidade do trabalho reduz a intensidade do capital, e gera mudança na eficiência alocativa. Se não houver qualquer forma de ineficiência ou efeito escala, a mudança na produtividade é exatamente igual ao progresso técnico.

3.1 Base de dados

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos a partir da Pesquisa Industrial Anual – Empresa (PIA), publicada pelo IBGE desde 1966. A pesquisa apresenta dados estruturais das empresas industriais brasileiras que possuem 30 ou mais pessoas ocupadas e/ou obtiveram receita bruta no ano anterior superior a um valor determinado. Em 2012, este valor foi de R\$ 10,4 milhões. Empresas com menos de 30 funcionários também são verificadas, mas não se constituem objeto de estudo desta pesquisa. As informações são coletadas das unidades produtivas a partir do Cadastro Central de Empresas (CEMPRE) (PESQUISA, 2003).

A atividade industrial, que inclui indústria extrativa e de transformação, é apresentada no seguinte formato:

Nível	Código	Número de categorias da indústria – CNAE 1.0	Número de categorias da indústria – CNAE 2.0
Seção	Alfabético de 1 dígito	2	2
Divisão	Númerico de 2 dígitos	27	29
Grupo	Númerico de 3 dígitos	111	111
Classe	Númerico de 4 dígitos	300	274

Figura 4 - Número de categorias da CNAE 1.0 e CNAE 2.0

Fonte: PESQUISA, 2003 e PESQUISA, 2008.

Ao longo dos anos, a PIA passou por algumas adequações metodológicas. Entre os anos de 1996 e 2007, a atividade industrial foi organizada e apresentada de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas 1.0 (CNAE 1.0). Em 2008 esta classificação sofreu modificações, com alteração dos códigos e denominação da estrutura. Além disso, ocorreram agregações e deslocamentos de algumas divisões, e a denominação passou a ser Classificação Nacional de Atividades Econômicas 2.0 (CNAE 2.0). O IBGE divulgou uma tabela de correspondência para cada classe da CNAE, que torna comparável apenas uma parte das classes, pois parcela considerável delas teve seu conteúdo diluído em outras classes, outras divisões e outras seções. O ano de referência para a mudança na metodologia foi 2008, mas o IBGE apresentou resultados retroativos ao ano de 2007. Desta forma, para este ano tem-se os dados na formatação da CNAE 1.0 e da CNAE 2.0 (PESQUISA, 2008).

O presente trabalho tem como universo de pesquisa a indústria de transformação, que engloba a seção D na CNAE 1.0 e a seção C na CNAE 2.0. As unidades de análise são as classes da indústria de transformação, apresentadas com 4 dígitos. A pesquisa foi realizada em duas etapas. Na primeira etapa a investigação utiliza os dados de toda a indústria de transformação. São utilizadas 260 classes na CNAE 1.0, e 249 classes na CNAE 2.0, organizadas em 22 e 24 divisões, respectivamente. A divisão “Reciclagem” é eliminada por constar apenas no período 2003 a 2007. Na etapa seguinte, a análise considera as classes da indústria de transformação divididas de acordo com a intensidade tecnológica. Nesta etapa, a divisão “Manutenção e instalação de máquinas e equipamentos” é excluída no período de 2007 a 2012 por não apresentar dados de gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), fato que impossibilita a definição de intensidade tecnológica para as classes em questão. Os resultados são apresentados em dois períodos distintos, de 2003 a 2007 e de 2007 a 2012, seguindo as duas metodologias de apresentação dos dados. As variáveis que apresentam problemas

em seus valores são corrigidas ou excluídas, resultando em um painel balanceado para os dois períodos distintos.

3.2 Variáveis utilizadas

Para a obtenção da função de produção de fronteira, são utilizados os insumos capital e pessoal ocupado. O valor da transformação industrial representa o produto da indústria de transformação.

A variável pessoal ocupado refere-se às pessoas ligadas direta ou indiretamente ao processo produtivo da empresa no dia 31 de dezembro. Aqui estão incluídos os proprietários e sócios; pessoas que desempenham atividades que dão suporte à produção industrial, como por exemplo, segurança, limpeza e atividades administrativas, entre outras; e as pessoas que estão ligadas diretamente ao processo produtivo (PESQUISA, 2003).

O valor do ativo total, que inclui ativo circulante, realizável a longo prazo e o permanente, é utilizado como *proxy* para a variável capital na função de produção. Esta variável passou a ser pesquisada a partir de 2000.

Para a variável produto de cada uma das classes da indústria de transformação é utilizado o valor da transformação industrial, que é obtida pela diferença entre o valor bruto da produção industrial e os custos das operações industriais.

O cálculo da eficiência alocativa requer as parcelas de renda (s_K e s_L). A parcela do trabalho (s_L) considera os valores dos salários totais, que incluem salários fixos, pró-labore, retiradas de sócios e proprietários, etc, como remuneração do trabalho. O cálculo da parcela do capital (s_K) utiliza o valor da remuneração do capital, obtido a partir do produto do ativo total pelo valor médio anual da taxa de juros de longo prazo (TJLP) entre os anos de 2003 e 2012.

3.3 Deflacionamento

As variáveis monetárias apresentadas pela PIA estão em preços correntes. Diante disto, foram deflacionadas para dezembro de 2013, utilizando-se o Índice de Preços ao Produtor Amplo – Segundo Origem – Disponibilidade Interna (IPA-DI) (FGV/IBRE, 2014). Este índice apresenta-se dividido em setores que são muito semelhantes à classificação da divisão da atividade industrial da PIA (2 dígitos). O Anexo A mostra a correspondência do IPA e da PIA (CNAE 1.0 e CNAE 2.0).

Quando não foi possível obter o índice exato para o deflacionamento de variáveis em uma divisão da indústria de transformação, optou-se pela aplicação do Índice Geral de Preços da Indústria de Transformação.

3.4 Correção de *outliers* e exclusão de atividades

Foram encontrados alguns valores aberrantes para a variável ativo total, que destoavam dos valores apresentados nos anos anteriores e/ou posteriores. Para corrigi-los foi calculada a média anual da proporção do valor bruto da produção industrial pelo ativo total dos anos adjacentes ao valor discrepante. Em seguida, o valor bruto da produção industrial correspondente ao ano que apresentou valor aberrante foi dividido por esta média. Este tipo de ocorrência foi observado por Schettini (2010), e a forma de correção das variáveis seguiu o procedimento já adotado por aquela autora.

O quadro 3.2 apresenta o código das classes e o ano em que o ativo total foi corrigido.

PIA – CNAE 1.0 – 2003 a 2007				PIA – CNAE 2.0 – 2007 a 2012			
Ano	Classe	Ano	Classe	Ano	Classe	Ano	Classe
2004	34.42	2007	21.22	2008	20.12	2010	24.21
2005	28.82	2007	21.41	2008	33.15	2010	27.32
2005	31.89	2007	24.62	2009	10.63	2011	10.53
2005	31.92	2007	29.15	2009	15.39	2011	20.62
2005	35.21	2007	31.60	2009	23.30	2011	21.21
2006	24.69	2007	35.22	2009	28.62	2011	24.21
2006	28.82			2010	17.22	2011	25.12
2006	29.21			2010	21.21		

Figura 5 - Ano e classe da indústria de transformação com ativo corrigido de acordo com a metodologia adotada

Fonte: Cálculos a partir dos dados do IBGE, 2014.

Algumas atividades, porém, não puderam ser corrigidas. No período 2003-2007, 24 atividades foram excluídas porque em um ou mais anos as variáveis necessárias para o modelo econométrico apresentavam ausência de valores, muitas vezes fruto da regra de *desidentificação* adotada pelo IBGE. Como já mencionado, a divisão “Reciclagem” foi excluída por constar apenas no período 2003 a 2007, por apresentar uma participação muito pequena no total do produto da indústria de transformação naquele período, e por não apresentar dados de gastos em P&D o que inviabiliza a análise de intensidade tecnológica. Para o período de 2007-2012, 9 classes de atividades foram excluídas, seguindo o critério adotado para o período anterior. Para a análise de intensidade tecnológica, foi adicionalmente excluída a

divisão “Manutenção e instalação de máquinas e equipamentos”, composta por 10 classes, que também não apresentaram informações sobre gastos em P&D. O quadro 3.3 apresenta os códigos das atividades excluídas por impossibilidade de correção nas variáveis.

CNAE 1.0			CNAE 2.0
22.32	24.96	31.82	19.10
22.34	29.71	32.10	19.21
23.10	29.72	32.90	19.31
23.30	29.93	33.91	19.32
23.40	29.94	33.92	20.92
24.41	29.95	33.94	20.94
24.42	30.11		30.32
24.92	30.12		30.42
24.93	31.81		30.50

Figura 6 - Código das atividades excluídas da pesquisa

Fonte: Cálculos a partir dos dados do IBGE, 2014.

Embora uma parte dos dados tenha sido excluída, isto não compromete os resultados porque, após a exclusão dos dados com problemas, restaram 94,54% em média dos valores do ativo total da indústria de transformação, 97,69% em média do pessoal ocupado no setor, e 96,05% em média dos valores da transformação industrial para o período de 2003 a 2007. Para o período de 2007 a 2012, a exclusão de informações ainda manteve 78,87% em média dos valores do ativo total, 96,71% em média do pessoal ocupado e 80,13% em média dos valores da transformação industrial.

3.5 *Dummies* para divisões da atividade industrial e divisão em intensidade tecnológica

As diversas divisões englobadas na indústria de transformação não podem ser consideradas como homogêneas. Para tratar este aspecto foram utilizadas na estimativa dos modelos *dummies* para cada uma das divisões de atividades (2 dígitos). Assim, entre 2003 e 2007, tem-se 22 *dummies* e no período seguinte, tem-se 24 *dummies* para cada uma das divisões. Em uma segunda parte do trabalho, as atividades foram divididas em intensidade tecnológicas (alta, média alta, média baixa e baixa). A classificação de intensidade tecnológica é obtida a partir da relação entre o valor total das atividades internas em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e a receita líquida de vendas nas divisões da indústria de transformação. Para o período de 2003 a 2007, utilizou-se a classificação apresentada pela Pesquisa Industrial de 2003, que partiu dos dados da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica -

PINTEC 2000 para obter os grupos de baixa, média baixa, média alta e alta intensidade tecnológica, usando a divisão em quartis dos grupos e ordenando-os de forma decrescente (PESQUISA, 2003). Para o período de 2007 a 2012, procedeu-se ao cálculo para obter os indicadores de intensidade tecnológica, usando os mesmos critérios apresentados para o período anterior com os dados da PINTEC de 2008, que foi o primeiro ano a apresentar os gastos de P&D e receita líquida de vendas sob a metodologia da CNAE 2.0 (PESQUISA, 2010). Os quadros 1 e 2 no Anexo B apresentam a classificação de intensidade tecnológica para divisões e agregações da indústria de transformação.

4 RESULTADOS

4.1 Teste de razão de verossimilhança (LR)

A adoção do modelo com a forma funcional de uma translog deve ser testada usando o teste de razão de verossimilhança (LR). O procedimento avalia se uma restrição imposta à forma funcional é procedente ou não. Para isto, o valor da função de verossimilhança no ponto máximo do modelo restrito é comparado ao valor do modelo irrestrito, de acordo com a seguinte expressão:

$$LR = -2[\hat{L}_R - \hat{L}_{NR}] \sim \chi_g^2$$

onde:

$\hat{L}_R$ é função de verossimilhança do modelo restrito

$\hat{L}_{NR}$ é função de verossimilhança do modelo irrestrito

O teste tem distribuição χ^2 , com g graus de liberdade obtidos pela diferença das restrições dos modelos avaliados. Segundo Greene (2002) se o valor obtido a partir do teste for maior que o valor crítico, a hipótese nula é rejeitada. Por outro lado, se a diferença é muito pequena, “então a dúvida é lançada nas restrições” (GREENE, 2002, p. 485).

A adoção das restrições segue Bragagnolo (2012), que inicialmente sugeriu analisar as restrições impostas ao progresso tecnológico na forma original da translog. Em seguida, testou-se uma translog sem nenhum progresso técnico, e uma Cobb-Douglas com e sem progresso técnico.

A suposição de que o progresso técnico não tem efeito sobre o capital e nem sobre o trabalho representa a tecnologia “Hicks neutra”, ou seja, a tecnologia não altera a razão entre os produtos marginais do capital e do trabalho.

$$\begin{aligned} \ln y_{it} = & \beta_0 + \beta_t t + \beta_K \ln K_{it} + \beta_L \ln L_{it} + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 + \frac{1}{2} \beta_{KK} (\ln K_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{LL} (\ln L_{it})^2 \\ & + \frac{1}{2} \beta_{KL} (\ln K_{it}) \cdot (\ln L_{it}) + v_{it} + -u_{it} \end{aligned}$$

A tecnologia “Harrod neutra” supõe que o capital não sofre alteração devido ao tempo.

$$\begin{aligned} \ln y_{it} = & \beta_0 + \beta_t t + \beta_K \ln K_{it} + \beta_L \ln L_{it} + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 + \frac{1}{2} \beta_{KK} (\ln K_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{LL} (\ln L_{it})^2 \\ & + \frac{1}{2} \beta_{KL} (\ln K_{it}) \cdot (\ln L_{it}) + \beta_{Lt} [(\ln L_{it}) \cdot t] + v_{it} + -u_{it} \end{aligned}$$

A hipótese da tecnologia “Solow neutra” é de que o progresso técnico não afeta o trabalho. Finalmente,

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \beta_t t + \beta_K \ln K_{it} + \beta_L \ln L_{it} + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 + \frac{1}{2} \beta_{KK} (\ln K_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{LL} (\ln L_{it})^2 \\ + \frac{1}{2} \beta_{KL} (\ln K_{it}) \cdot (\ln L_{it}) + \beta_{Kt} [(\ln K_{it}) \cdot t] + v_{it} + -u_{it}$$

A expressão translog sem progresso técnico exclui todos os parâmetros referentes ao tempo.

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \beta_K \ln K_{it} + \beta_L \ln L_{it} + \frac{1}{2} \beta_{KK} (\ln K_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{LL} (\ln L_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{KL} (\ln K_{it}) \cdot (\ln L_{it}) \\ + v_{it} + -u_{it}$$

Os testes foram realizados seguindo as divisões de dados adotadas de acordo com a CNAE 1.0 E 2.0, bem como suas subdivisões em intensidades tecnológicas (alta, média alta, média baixa e baixa). A apresentação dos resultados deu origem a dez tabelas no Anexo C. A hipótese nula do teste supõe que o modelo apresentado na coluna está contido no modelo apresentado na linha.

Considerando que o trabalho utiliza-se de dez diferentes conjuntos de dados agrupados, foram realizados duzentos testes de comparação entre os modelos restritos e não restrito. Os resultados mostram a rejeição da hipótese nula a 1% de significância em cento e dez testes aplicados, a 5% de significância em cento e quatorze testes, e a 10% em 152 análises. Apesar de não ter sido rejeitada a totalidade das hipóteses nulas, o teste não invalida totalmente o uso do modelo de fronteira estocástica com função de produção translog.

4.2 Resultado da estimação do modelo

Esta seção apresenta a estimação de fronteiras estocásticas de produção para os períodos e intensidades tecnológicas citadas anteriormente. Os parâmetros são aqui estimados com o objetivo de decompor, em seguida, a evolução da PTF.

Os resultados contidos nas tabelas 1 a 10 referem-se à variedade de conjuntos de dados, divididos de acordo com as CNAE 1.0 e 2.0, bem como às divisões em intensidades tecnológicas. Os parâmetros apresentaram diferenças entre cada um dos modelos. O coeficiente β_K é negativo apenas para os dados de alta intensidade tecnológica no período de 2003 a 2007, ao contrário do esperado.

Na maioria das regressões este coeficiente é significativo a 5%. Já β_L é negativo para os setores de média alta intensidade (2003-2007) e alta intensidade (2007-2012). Nos demais conjuntos de dados, os resultados positivos mostram que o aumento do insumo trabalho aumenta a produção. A maioria dos parâmetros é significativa a 10%, e seus valores estimados estão todos dentro do intervalo de confiança. O efeito do tempo, β_t , não tem um comportamento predominante; além disso, na maioria dos casos os parâmetros não são estatisticamente significativos. O coeficiente β_{KL} é positivo na maioria dos casos estimados, o que implica em complementariedade entre capital e trabalho. O coeficiente β_{Lt} apresentou sinal positivo na maioria dos modelos estimados, o que implica que a tecnologia não é poupadora de trabalho. Já os valores de β_{Kt} são negativos em sua maioria, ou seja, o progresso técnico reduz a acumulação do capital.

O parâmetro η é negativo apenas para as classes de alta e baixa intensidade, e positivo para as demais, sendo estatisticamente diferente de zero a 10% de significância para a maioria dos conjuntos de dados, indicando que a ineficiência é variante ao longo do tempo. É importante observar que o η estimado é o mesmo para todos os elementos de cada amostra. O parâmetro μ é estatisticamente diferente de zero a 1% para a maioria dos modelos estimados, indicando que a distribuição normal truncada é uma hipótese apropriada. Finalmente, cabe observar que na maioria dos modelos estimados o valor de γ variou entre 0,70 e 0,89, que é a parcela da variação do erro composto, que é resultado do componente ineficiência.

A tabela 1 traz os resultados do modelo de regressão para o período de 2003 a 2007. Os parâmetros β_K e β_L são positivos, indicando que um aumento na quantidade dos insumos, aumenta o produto. A distribuição normal truncada é adequada e 70% da variação do erro composto devem-se à ineficiência.

Tabela 1 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo - 2003-2007

Coeficientes	Valores	Erros padrão	z	P> z	Intervalo de confiança (95%)	
β_K	0,2544547	0,1113714	2,28	0,022	0,0361707	0,4727387
β_L	0,8335065	0,1472393	5,66	0,000	0,5449227	1,12209
β_t	-0,0450548	0,0430912	-1,05	0,296	-0,1295119	0,0394024
β_{KK}	0,045885	0,0154013	2,98	0,003	0,0156991	0,076071
β_{LL}	0,0567176	0,0302009	1,88	0,060	-0,0024751	0,1159103
β_{tt}	0,0195037	0,005575	3,50	0,000	0,0085768	0,0304306
β_{KL}	-0,1068144	0,0388542	-2,75	0,006	-0,1829673	-0,0306616
β_{Kt}	-0,0055023	0,0036243	-1,52	0,129	-0,0126058	0,0016012
β_{Lt}	0,0046251	0,0046148	1,00	0,316	-0,0044197	0,0136699
s2	0,5572184	0,2846472	1,96	0,050	-0,0006799	1,115117
s3	-0,610294	0,080796	-7,55	0,000	-0,7686512	-0,4519368
s4	-0,8590618	0,1438393	-5,97	0,000	-1,140982	-0,5771419
s5	-0,8565806	0,1285068	-6,67	0,000	-1,108449	-0,6047119
s6	-0,5732993	0,1416201	-4,05	0,000	-0,8508695	-0,295729
s7	-0,0747611	0,1082724	-0,69	0,490	-0,2869711	0,1374488
s8	0,3532834	0,1017863	3,47	0,001	0,1537859	0,552781
s9	1,131798	0,2121598	5,33	0,000	0,7159728	1,547624
s10	0,3547525	0,0738712	4,80	0,000	0,2099676	0,4995374
s11	-0,2337246	0,1162217	-2,01	0,044	-0,4615149	-0,0059342
s12	-0,1066636	0,0975184	-1,09	0,274	-0,2977962	0,084469
s13	0,1771267	0,0970975	1,82	0,068	-0,0131809	0,3674344
s14	-0,1802879	0,0833093	-2,16	0,030	-0,3435712	-0,0170047
s15	-0,1070546	0,0737986	-1,45	0,147	-0,2516971	0,0375879
s16	-0,5127154	0,2034811	-2,52	0,012	-0,9115309	-0,1138998
s17	-0,0989288	0,0906005	-1,09	0,275	-0,2765024	0,0786448
s18	-0,1303289	0,1680784	-0,78	0,438	-0,4597565	0,1990986
s19	0,0106779	0,1255016	0,09	0,932	-0,2353007	0,2566564
s20	-0,092137	0,0975162	-0,94	0,345	-0,2832653	0,0989913
s21	-0,2970936	0,1025038	-2,90	0,004	-0,4979975	-0,0961898
s22	-0,4000077	0,0967415	-4,13	0,000	-0,5896175	-0,2103979
β_0	3,305433	0,664006	4,98	0,000	2,004005	4,606861
μ	0,7234727	0,1597324	4,53	0,000	0,4104029	1,036543
η	0,0265585	0,0157303	1,69	0,091	-0,0042723	0,0573892
$\ln\sigma^2$	-2,373657	0,0906416	-26,19	0,000	-2,551311	-2,196003
$ilgt\gamma$	0,8801662	0,1432769	6,14	0,000	0,5993486	1,160984
σ^2	0,0931395	0,0084423	-	-	0,0779794	0,111247
γ	0,7068567	0,0296885	-	-	0,6455073	0,7615114
σ_u^2	0,0658363	0,0085208	-	-	0,0491359	0,0825367
σ_v^2	0,0273032	0,0012652	-	-	0,0248236	0,0297829

Fonte: Dados da pesquisa

Para o período de 2007 a 2012, representado na tabela 2, a ineficiência explica aproximadamente 75% do erro composto. Contudo, os parâmetros apurados neste período são menos significativos, embora estejam dentro do intervalo de confiança a 95%.

Tabela 2 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo - 2007-2012

Coeficientes	Valores	Erros padrão	z	P> z	Intervalo de confiança (95%)	
β_K	0,8218134	0,1199432	6,85	0,000	0,5867289	1,056898
β_L	0,1741915	0,1754235	0,99	0,321	-0,1696323	0,5180152
β_t	-0,0086649	0,0511915	-0,17	0,866	-0,1089984	0,0916686
β_{KK}	-0,0474792	0,0162204	-2,93	0,003	-0,0792706	-0,0156878
β_{LL}	0,0137004	0,03235	0,42	0,672	-0,0497044	0,0771052
β_{tt}	0,0003371	0,0036126	0,09	0,926	-0,0067435	0,0074177
β_{KL}	0,0452973	0,0432224	1,05	0,295	-0,0394169	0,1300116
β_{Kt}	-0,0115128	0,003406	-3,38	0,001	-0,0181885	-0,0048371
β_{Lt}	0,0180575	0,0039754	4,54	0,000	0,010266	0,0258491
s2	0,3093453	0,1506187	2,05	0,040	0,014138	0,6045526
s3	0,8093785	0,230927	3,50	0,000	0,3567698	1,261987
s4	-0,4774955	0,1025239	-4,66	0,000	-0,6784387	-0,2765524
s5	-0,6565582	0,1487569	-4,41	0,000	-0,9481164	-0,3650001
s6	-0,6714672	0,1339082	-5,01	0,000	-0,9339226	-0,4090119
s7	-0,5449478	0,1524321	-3,58	0,000	-0,8437093	-0,2461864
s8	0,2026738	0,1226893	1,65	0,099	-0,0377927	0,4431403
s9	0,2026057	0,1401194	1,45	0,148	-0,0720233	0,4772348
s10	0,8942315	0,3199538	2,79	0,005	0,2671336	1,521,329
s11	0,5970714	0,0922261	6,47	0,000	0,4163117	0,7778312
s12	0,3361411	0,1680443	2,00	0,045	0,0067803	0,665502
s13	-0,0577376	0,1308706	-0,44	0,659	-0,3142392	0,198764
s14	-0,0533207	0,1096616	-0,49	0,627	-0,2682534	0,161612
s15	0,2429452	0,1076645	2,26	0,024	0,0319268	0,4539637
s16	-0,1691879	0,0975644	-1,73	0,083	-0,3604106	0,0220348
s17	-0,1057667	0,1146844	-0,92	0,356	-0,3305441	0,1190107
s18	-0,0648856	0,1135312	-0,57	0,568	-0,2874027	0,1576314
s19	0,0096577	0,0884715	0,11	0,913	-0,1637433	0,1830587
s20	0,1588976	0,1170887	1,36	0,175	-0,070592	0,3883872
s21	-0,0851644	0,1313207	-0,65	0,517	-0,3425483	0,1722195
s22	-0,352625	0,1697709	-2,08	0,038	-0,6853699	-0,0198802
s23	-0,2453997	0,1225369	-2,00	0,045	-0,4855676	-0,0052318
s24	-0,0630279	0,1171535	-0,54	0,591	-0,2926446	0,1665888
β_0	3,081169	1,88609	1,63	0,102	-0,6154997	6,777837
μ	1,335127	1,515442	0,88	0,378	-1,635084	4,305339
η	0,0141964	0,0131922	1,08	0,282	-0,0116598	0,0400527
$\ln\sigma^2$	-2,15509	0,1023185	-21,06	0,000	-2,355631	-1,95455
$ilgt\gamma$	1,075568	0,1520177	7,08	0,000	0,777619	1,373518
σ^2	0,1158927	0,011858	-	-	0,0948336	0,1416282
γ	0,7456544	0,0288308	-	-	0,6851667	0,7979479
σ_u^2	0,0864159	0,0120114	-	-	0,062874	0,1099579
σ_v^2	0,0294768	0,0012344	-	-	0,0270575	0,0318961

Fonte: Dados da pesquisa

As tabelas 3 e 4 apresentam os resultados para as atividades de alta intensidade tecnológica. Observa-se que os sinais dos parâmetros estimados se invertem, especialmente β_K e β_L , o que mostra que a resposta à variação nos insumos muda de um período para o outro.

Tabela 3 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo para alta intensidade tecnológica - 2003-2007

Coeficientes	Valores	Erros padrão	z	P> z	Intervalo de confiança (95%)	
β_K	-0,4918329	0,1963853	-2,50	0,012	-0,8767409	-0,1069248
β_L	0,4466311	0,373291	1,20	0,232	-0,2850058	1,178268
β_t	0,1043401	0,0831893	1,25	0,210	-0,0587079	0,267388
β_{KK}	0,0884601	0,0378794	2,34	0,020	0,0142178	0,1627024
β_{LL}	0,0558567	0,0890128	0,63	0,530	-0,1186051	0,2303185
β_{tt}	0,0158439	0,010584	1,50	0,134	-0,0049004	0,0365882
β_{KL}	-0,0522049	0,1138827	-0,46	0,647	-0,2754108	0,171001
β_{Kt}	-0,0245598	0,0095389	-2,57	0,010	-0,0432556	-0,0058639
β_{Lt}	0,0175528	0,0136527	1,29	0,199	-0,0092061	0,0443116
β_0	9,609916	1,594057	6,03	0,000	6,485621	1,273421
μ	0,8274756	0,2371226	3,49	0,000	0,3627239	1,292227
η	0,0308858	0,0250952	1,23	0,218	-0,0182999	0,0800716
$\ln\sigma^2$	-2,27093	0,1695596	-13,39	0,000	-2,603261	-1,9386
$ilgt\gamma$	1,034415	0,2558696	4,04	0,000	0,5329196	1,53591
σ^2	0,1032161	0,0175013	-	-	0,0740318	0,1439053
γ	0,7377709	0,0495018	-	-	0,6301638	0,8228694
σ_u^2	0,0761498	0,0176227	-	-	0,04161	0,1106896
σ_v^2	0,0270663	0,0023067	-	-	0,0225452	0,0315873

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 4 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo para alta intensidade tecnológica – 2007 - 2012

Coeficientes	Valores	Erros padrão	z	P> z	Intervalo de confiança (95%)	
β_K	1,513087	0,3681493	4,11	0,000	0,7915277	2,234646
β_L	-0,9163136	0,459573	-1,99	0,046	-1,81706	-0,0155671
β_t	0,0721379	0,0988899	0,73	0,466	-0,1216829	0,2659586
β_{KK}	-0,1506862	0,0644247	-2,34	0,019	-0,2769563	-0,0244161
β_{LL}	-0,0360675	0,1260398	-0,29	0,775	-0,283101	0,210966
β_{tt}	-0,0017137	0,0089304	-0,19	0,848	-0,019217	0,0157895
β_{KL}	0,2494026	0,171942	1,45	0,147	-0,0875976	0,5864028
β_{Kt}	-0,0299467	0,0130433	-2,30	0,022	-0,0555111	-0,0043823
β_{Lt}	0,0489427	0,0153918	3,18	0,001	0,0187754	0,07911
β_0	1,859546	2,083256	0,89	0,372	-2,223561	5,942654
μ	1,331345	0,9959108	1,34	0,181	-0,6206038	3,283295
η	-0,0566871	0,0253853	-2,23	0,026	-0,1064414	-0,0069329
$\ln\sigma^2$	-1,935845	0,2181624	-8,87	0,000	-2,363435	-1,508254
$ilgt\gamma$	1,276392	0,3126392	4,08	0,000	0,6636299	1,889153
σ^2	0,1443023	0,0314813	-	-	0,0940964	0,221296
γ	0,7818349	0,0533266	-	-	0,6600753	0,8686589
σ_u^2	0,1128206	0,0319257	-	-	0,0502474	0,1753938
σ_v^2	0,0314817	0,0027465	-	-	0,0260986	0,0368648

Fonte: Dados da pesquisa

Nas tabelas 5 e 6, estão os resultados das regressões para as atividades de média alta intensidade tecnológica.

Tabela 5 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo para média alta intensidade tecnológica – 2003 - 2007

Coeficientes	Valores	Erros padrão	z	P> z	Intervalo de confiança (95%)	
β_K	2,032363	0,3840271	5,29	0,000	1,279684	2,785042
β_L	-0,7948046	0,4480219	-1,77	0,076	-1,672911	0,0833022
β_t	-0,4460166	0,1881489	-2,37	0,018	-0,8147816	-0,0772515
β_{KK}	-0,1141504	0,0456623	-2,50	0,012	-0,2036469	-0,024654
β_{LL}	0,0857137	0,0700287	1,22	0,221	-0,0515401	0,2229674
β_{tt}	0,0215628	0,0175619	1,23	0,22	-0,0128579	0,0559835
β_{KL}	0,0510384	0,1013966	0,50	0,615	-0,1476953	0,2497722
β_{Kt}	0,0255223	0,0111449	2,29	0,022	0,0036786	0,0473659
β_{Lt}	-0,0078265	0,0128607	-0,61	0,543	-0,0330331	0,0173801
β_0	-2,052648	2,962075	-0,69	0,488	-7,858209	3,752913
μ	0,8012971	1,115568	0,72	0,473	-1,385176	2,98777
η	0,0540161	0,0607271	0,89	0,374	-0,0650067	0,173039
$\ln\sigma^2$	-2,511123	0,2421176	-10,37	0,000	-2,985665	-2,036581
$ilgt^\gamma$	0,0538001	0,5625456	0,10	0,924	-1,048769	1,156369
σ^2	0,081177	0,0196544	-	-	0,0505059	0,130474
γ	0,5134468	0,1405347	-	-	0,2594616	0,7606723
σ_u^2	0,0416801	0,0209913	-	-	0,0005379	0,0828222
σ_v^2	0,0394969	0,0048863	-	-	0,02992	0,0490739

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 6 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo para média alta intensidade tecnológica – 2007 - 2012

Coeficientes	Valores	Erros padrão	z	P> z	Intervalo de confiança (95%)	
β_K	1,321443	0,3101321	4,26	0,000	0,7135949	1,929291
β_L	0,8150364	0,4725022	1,72	0,085	-0,1110508	1,741124
β_t	-0,0275058	0,1273362	-0,22	0,829	-0,2770803	0,2220686
β_{KK}	-0,0261839	0,0389289	-0,67	0,501	-0,1024831	0,0501154
β_{LL}	0,1122474	0,0685087	1,64	0,101	-0,0220272	0,246522
β_{tt}	-0,0062505	0,0099434	-0,63	0,53	-0,0257392	0,0132382
β_{KL}	-0,1487567	0,0985598	-1,51	0,131	-0,3419304	0,044417
β_{Kt}	0,0055855	0,0103553	0,54	0,59	-0,0147106	0,0258815
β_{Lt}	-0,0098638	0,0127326	-0,77	0,439	-0,0348193	0,0150916
β_0	-3,09833	2,839901	-1,09	0,275	-8,664433	2,467773
μ	1,133122	0,2890617	3,92	0,000	0,5665716	1,699673
η	0,0545748	0,0261045	2,09	0,037	0,003411	0,1057387
$\ln\sigma^2$	-1,562129	0,286779	-5,45	0,000	-2,124206	-1,000053
$ilgt^\gamma$	1,608135	0,3824161	4,21	0,000	0,8586128	2,357656
σ^2	0,2096891	0,0601344	-	-	0,1195279	0,3678601
γ	0,8331522	0,0531595	-	-	0,7023707	0,9135409
σ_u^2	0,174703	0,0608028	-	-	0,0555316	0,2938743
σ_v^2	0,0349862	0,003482	-	-	0,0281616	0,0418107

Fonte: Dados da pesquisa

Os resultados para as atividades de média baixa intensidade tecnológicas são apresentados nas tabelas 7 e 8. Nestes dois modelos, a distribuição normal truncada é uma hipótese adequada, considerando que μ é estatisticamente diferente de zero.

Tabela 7 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo para média baixa intensidade tecnológica – 2003 - 2007

Coeficientes	Valores	Erros padrão	z	P> z	Intervalo de confiança (95%)	
β_K	0,0416677	0,2126554	0,20	0,845	-0,3751293	0,4584647
β_L	1,429629	0,3423595	4,18	0,000	0,7586167	2,100641
β_t	-0,1695221	0,0823365	-2,06	0,040	-0,3308987	-0,0081455
β_{KK}	0,0251508	0,0311633	0,81	0,420	-0,0359281	0,0862298
β_{LL}	-0,0827636	0,0862018	-0,96	0,337	-0,251716	0,0861887
β_{tt}	0,0251658	0,0102571	2,45	0,014	0,0050623	0,0452693
β_{KL}	-0,007811	0,0909816	-0,09	0,932	-0,1861316	0,1705097
β_{Kt}	0,0110119	0,0081331	1,35	0,176	-0,0049288	0,0269525
β_{Lt}	-0,0140788	0,0111601	-1,26	0,207	-0,0359522	0,0077945
β_0	2,467177	1,012078	2,44	0,015	0,4835402	4,450815
μ	0,6885104	0,1400115	4,92	0,000	0,4140928	0,9629279
η	0,0633983	0,0209993	3,02	0,003	0,0222405	0,1045561
$\ln\sigma^2$	-1,882397	0,2678455	-7,03	0,000	-2,407364	-1,357429
$ilgt\gamma$	1,88401	0,3553642	5,30	0,000	1,187509	2,580511
σ^2	0,1522248	0,0407727	-	-	0,0900523	0,2573214
γ	0,868071	0,0406976	-	-	0,7662952	0,9295967
σ_u^2	0,132142	0,0413057	-	-	0,0511842	0,2130997
σ_v^2	0,0200829	0,0020573	-	-	0,0160506	0,0241151

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 8 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo para média baixa intensidade tecnológica – 2007 - 2012

Coeficientes	Valores	Erros padrão	z	P> z	Intervalo de confiança (95%)	
β_K	0,4241868	0,4892855	0,87	0,386	-0,534795	1,383169
β_L	2,154978	0,8562701	2,52	0,012	0,4767196	3,833237
β_t	0,0386248	0,1037668	0,37	0,710	-0,1647545	0,2420041
β_{KK}	-0,0414431	0,0492788	-0,84	0,400	-0,1380277	0,0551415
β_{LL}	-0,2598684	0,1155102	-2,25	0,024	-0,4862642	-0,0334726
β_{tt}	0,0109403	0,007435	1,47	0,141	-0,003632	0,0255126
β_{KL}	0,1263126	0,1215273	1,04	0,299	-0,1118766	0,3645018
β_{Kt}	-0,0244898	0,0087135	-2,81	0,005	-0,041568	-0,0074115
β_{Lt}	0,0275892	0,0118809	2,32	0,020	0,0043032	0,0508753
β_0	-4,127651	4,341132	-0,95	0,342	-1,263611	4,380811
μ	0,8759547	0,1992092	4,40	0,000	0,485512	1,266397
η	0,0345248	0,0241752	1,43	0,153	-0,0128577	0,0819073
$\ln\sigma^2$	-2,131103	0,2433131	-8,76	0,000	-2,607988	-1,654218
$ilgt\gamma$	1,248262	0,3598337	3,47	0,001	0,5430014	1,953523
σ^2	0,1187063	0,0288828	-	-	0,0736826	0,1912415
γ	0,7769989	0,062349	-	-	0,6325103	0,8758303
σ_u^2	0,0922346	0,0295314	-	-	0,0343542	0,1501151
σ_v^2	0,0264716	0,0024968	-	-	0,021578	0,0313653

Fonte: Dados da pesquisa

As tabelas 9 e 10 apresentam os resultados do modelo de regressão para as atividades de baixa intensidade tecnológica. A distribuição normal truncada é

adequada e mais de 80% da variação do erro composto devem-se à ineficiência.

Tabela 9 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo para baixa intensidade tecnológica – 2003 - 2007

Coeficientes	Valores	Erros padrão	z	P> z	Intervalo de confiança (95%)	
β_K	1,062276	0,3035892	3,50	0,000	0,4672522	1,6573
β_L	0,2298405	0,324578	0,71	0,479	-0,4063208	0,8660018
β_t	0,2339573	0,0808476	2,89	0,004	0,075499	0,3924157
β_{KK}	-0,1141329	0,0415478	-2,75	0,006	-0,1955651	-0,0327008
β_{LL}	-0,1772403	0,0655347	-2,70	0,007	-0,305686	-0,0487946
β_{tt}	0,0177878	0,0098347	1,81	0,070	-0,0014878	0,0370634
β_{KL}	0,2545198	0,0955245	2,66	0,008	0,0672952	0,4417444
β_{Kt}	-0,031466	0,0094907	-3,32	0,001	-0,0500675	-0,0128645
β_{Lt}	0,0270822	0,0104818	2,58	0,010	0,0065382	0,0476262
β_0	-0,3639954	1,647833	-0,22	0,825	-3,593689	2,865698
μ	1,24231	0,1939116	6,41	0,000	0,8622503	1,62237
η	-0,0663012	0,0181555	-3,65	0,000	-0,1018854	-0,030717
$\ln\sigma^2$	-1,435099	0,1913312	-7,50	0,000	-1,810101	-1,060096
$ilgt\gamma$	2,19248	0,2409599	9,1	0,000	1,720207	2,664752
σ^2	0,2380919	0,0455544	-	-	0,1636376	0,3464224
γ	0,8995721	0,0217688	-	-	0,8481555	0,9349144
σ_u^2	0,2141808	0,0458188	-	-	0,1243777	0,303984
σ_v^2	0,0239111	0,0019746	-	-	0,020041	0,0277812

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 10 - Resultado do modelo de eficiência com variação no tempo para baixa intensidade tecnológica – 2007 - 2012

Coeficientes	Valores	Erros padrão	z	P> z	Intervalo de confiança (95%)	
β_K	0,1839212	0,2780094	0,66	0,508	-0,3609673	0,7288097
β_L	0,2974459	0,3115664	0,95	0,340	-0,3132129	0,9081048
β_t	-0,0307806	0,0564813	-0,54	0,586	-0,141482	0,0799208
β_{KK}	-0,0082738	0,0430283	-0,19	0,848	-0,0926077	0,07606
β_{LL}	-0,0493504	0,0709773	-0,70	0,487	-0,1884632	0,0897625
β_{tt}	0,004798	0,0054938	0,87	0,382	-0,0059697	0,0155657
β_{KL}	0,0884172	0,1031441	0,86	0,391	-0,1137415	0,290576
β_{Kt}	-0,007526	0,0059683	-1,26	0,207	-0,0192236	0,0041716
β_{Lt}	0,0107674	0,0070862	1,52	0,129	-0,0031213	0,024656
β_0	6,209194	1,426964	4,35	0,000	3,412395	9,005993
μ	0,7608331	0,140013	5,43	0,000	0,4864126	1,035253
η	0,0402288	0,0147918	2,72	0,007	0,0112374	0,0692202
$\ln\sigma^2$	-2,131691	0,1898775	-11,23	0,000	-2,503844	-1,759538
$ilgt\gamma$	1,511252	0,2560205	5,90	0,000	1,00461	2,013043
σ^2	0,1186365	0,0225264	-	-	0,0817701	0,1721244
γ	0,8192467	0,0379119	-	-	0,7329147	0,8821597
σ_u^2	0,0971926	0,0227173	-	-	0,0526676	0,1417176
σ_v^2	0,0214439	0,0015972	-	-	0,0183135	0,0245744

Fonte: Dados da pesquisa

4.3 Decomposição da produtividade

Como já mencionado, os parâmetros estimados nas regressões são utilizados na decomposição da PTF em progresso técnico, eficiência técnica, efeito escala e eficiência alocativa. Os resultados estão todos apresentados nas tabelas 11 a 15.

O VTI, aqui tomado como *proxy* do produto, apresentou em alguns anos grande variação que pode parecer contraditória com a realidade da indústria. Entretanto, como os valores nominais da PIA foram deflacionados para dezembro de 2013 utilizando-se o IPA-OG-DI para cada uma das classes de atividade, é possível que este índice não coincida exatamente com a variação da produção industrial, que é obtida através de índices de volumes calculados a partir da Pesquisa Industrial Mensal - Produção Física (PIM-PF) pelo IBGE. Quando se faz necessário o deflacionamento, o Instituto usa o Índice de Preços ao Produtor (IPP), calculado pelo IBGE. Na medida em que o IPA-OG-DI é utilizado para deflacionar as variáveis monetárias do banco de dados utilizado e quando este índice é superior ao IPP e à variação da PIM-PF, tem-se a diferença.

Pelos resultados da tabela 11 verifica-se que ao longo de todo o período a queda na produtividade foi em média de 1,10%, com contribuições negativas de maior magnitude do progresso técnico e da eficiência alocativa. A variação do progresso técnico, apesar de ser negativa, foi decrescente ao longo do período, esta tendência se repete na maior parte das decomposições aqui realizadas.

A melhoria na difusão das técnicas produtivas, representada pela eficiência técnica apresentou desempenho favorável, mas não foi suficiente para fazer com que a variação da PTF da indústria de transformação fosse positiva. No que tange ao efeito escala, o desempenho favorável em 2012 neutralizou as variações negativas nos anos anteriores, mas sua contribuição média foi praticamente nula.

Para as atividades classificadas como de alta intensidade tecnológica a queda na PTF foi em média de 2,06% em todo o período, influenciada pelas variações negativas nas eficiências técnica e alocativa. Contudo, é interessante observar que o efeito escala foi positivo para este conjunto de atividades, ao passo que foi negativo para todas as demais classificações de intensidade tecnológica. Caracteristicamente, o conjunto de atividades de alta intensidade tecnológica é composto por empresas que produzem máquinas, equipamentos, veículos, equipamentos de transporte entre outros, e que apresentam retornos à escala maior que a unidade em todos os períodos analisados, o que propicia o efeito de escala. A

contribuição do progresso técnico não foi negativa na média, mas no período de 2004 a 2007 seu comportamento foi fortemente influenciado pela atividade refino de petróleo, pois esta representa em média 57% do VTI, e foi responsável por 79% da variação negativa do progresso técnico neste conjunto de atividades. Desta forma, pode-se dizer que o desempenho do refino de petróleo prejudicou o desempenho do progresso técnico e, portanto da PTF. Para o segundo período analisado (2008-2012) este efeito desaparece, porque a ausência de informações⁵ para esta atividade levou à sua exclusão. Fato semelhante pode ser observado no conjunto de dados que engloba todas as atividades sem distinção de intensidade tecnológica apresentados na tabela 11. Neste caso, o petróleo representa em média 19% do VTI, e foi responsável por 25% da variação negativa do progresso técnico entre 2004 e 2006.

A variação da PTF para as atividades de média alta intensidade tecnológica foi muito semelhante às atividades de alta intensidade. O progresso técnico apresentou queda significativa em praticamente todos os anos, enquanto que a eficiência técnica apresentou o maior crescimento entre os determinantes do crescimento da PTF. O efeito escala e a eficiência alocativa contribuíram para a variação negativa da PTF.

As atividades agrupadas no conjunto de atividades de média baixa intensidade tecnológica apresentaram o pior desempenho para a PTF, com redução média de 3,40% ao ano no período analisado, embora este resultado tenha sido influenciado pelo desempenho médio de 2011 que apresentou queda 11,71%. Naquele ano, as atividades de produção de trefilados de metal, semiacabados de aço e laminados longos de aço apresentaram queda de 10,10% da PTF, devido à piora na eficiência alocativa de 9,70%. Observa-se ainda que neste conjunto de atividades o progresso técnico sofreu retração de 4,03%, apesar de que aqui também se verifica uma variação positiva da eficiência técnica em 3,18%.

O único conjunto de atividades que apresentou variação positiva da PTF foi o de baixa intensidade tecnológica. Entretanto, a variação é muito pequena e foi influenciada apenas pelo progresso técnico.

A variação da eficiência alocativa foi negativa na média para todos os conjuntos de atividades analisadas, e seu desempenho foi pior, na média, para as

⁵ As informações da atividade de fabricação de produtos do refino de petróleo não estão disponíveis para o ano de 2007, o que inviabiliza o uso da atividade na decomposição da PTF.

atividades de alta intensidade tecnológica. Uma classe ou conjunto de atividades é eficiente em alocação se as parcelas de renda dos fatores produtivos estiverem próximas do valor de seu produto marginal. Assim, quando há ineficiência alocativa, implica que os fatores de produção são remunerados em desigualdade com seu produto marginal, e que o custo de produção não é mínimo e o lucro não é máximo (FREITAS, 2003).

A variação na eficiência técnica está condicionada ao η estimado na função. Desta forma, se η é negativo a variação da eficiência técnica será negativa, como ocorre com a alta intensidade entre 2008 e 2012, e com a baixa intensidade tecnológica entre 2004 e 2007. Nos dois casos, o efeito negativo de um período não é compensado pelo efeito positivo do outro período, e a contribuição da eficiência técnica média é negativa nestes dois grupos de atividades. Para os demais conjuntos de atividades, a eficiência técnica tem contribuição positiva. Como a eficiência técnica é a medida da distância entre a fronteira tecnológica e o uso efetivo da tecnologia, sua variação positiva implica em aproximação da fronteira e, a adoção e difusão da tecnologia disponível.

Tabela 11 - Resultados da decomposição do produto e da PTF na indústria de transformação do Brasil em percentual (% a.a.) – 2004 a 2012

Ano	Crescimento do VTI	Acumulação de Capital	Crescimento do Trabalho	Mudança na PTF	Mudança na PTF				Choques Aleatórios
					Progresso Técnico	Eficiência Técnica	Efeito de Escala	Eficiência Alocativa	
2004	4.00	-0.31	5.94	-2.74	-5.03	1.61	-0.01	0.70	1.11
2005	13.39	7.55	2.90	-2.77	-3.13	1.57	-0.06	-1.15	5.72
2006	10.52	6.93	5.00	-0.13	-1.20	1.56	-0.11	-0.38	-1.28
2007	15.26	8.98	4.25	0.82	0.73	1.53	-0.13	-1.30	1.21
2008	11.14	2.73	4.21	-1.31	-0.88	1.79	-0.14	-2.08	5.51
2009	9.60	3.26	7.03	-1.23	-0.78	1.78	-0.53	-1.70	0.54
2010	15.59	2.38	7.15	0.38	-0.67	1.75	-0.04	-0.67	5.69
2011	14.05	4.52	5.13	-3.94	-0.66	1.74	-0.06	-4.97	8.35
2012	2.89	1.02	2.76	1.01	-0.61	1.72	1.72	-1.83	-1.90
Média	10.72	4.12	4.93	-1.10	-1.36	1.67	0.07	-1.49	2.77

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 12 - Resultados da decomposição do produto e da PTF na indústria de transformação do Brasil para alta intensidade tecnológica, em percentual (% a.a.) – 2004 a 2012 (continua)

Ano	Crescimento do VTI	Acumulação de Capital	Crescimento do Trabalho	Mudança na PTF	Mudança na PTF				Choques Aleatórios
					Progresso Técnico	Eficiência Técnica	Efeito de Escala	Eficiência Alocativa	
2004	1.88	-1.77	6.47	-9.61	-11.82	1.63	0.60	-0.02	6.79
2005	11.11	3.93	2.96	-7.26	-10.43	1.53	1.22	0.42	11.49
2006	10.13	10.50	7.90	-2.43	-8.90	1.49	5.01	-0.02	-5.85
2007	11.29	14.18	6.45	-1.66	-7.26	1.52	5.02	-0.94	-7.69
2008	27.96	5.34	7.29	3.24	8.77	-4.71	1.48	-2.30	12.08
2009	-0.61	3.60	0.05	-4.65	8.29	-5.07	0.58	-8.45	0.38
2010	27.80	2.23	12.38	4.49	8.25	-5.24	1.84	-0.36	8.71
2011	10.36	3.49	7.04	-0.95	7.96	-5.59	1.62	-4.93	0.77

Tabela 12 - Resultados da decomposição do produto e da PTF na indústria de transformação do Brasil para alta intensidade tecnológica, em percentual (% a.a.) – 2004 a 2012 (conclusão)

Ano	Crescimento do VTI	Acumulação de Capital	Crescimento do Trabalho	Mudança na PTF	Mudança na PTF				Choques Aleatórios
					Progresso Técnico	Eficiência Técnica	Efeito de Escala	Eficiência Alocativa	
2012	4.78	0.95	5.00	0.29	7.85	-6.11	1.12	-2.58	-1.46
Média	11.63	4.72	6.17	-2.06	0.30	-2.28	2.05	-2.13	2.80

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 13 - Resultados da decomposição do produto e da PTF na indústria de transformação do Brasil para média alta intensidade tecnológica, em percentual (% a.a.) – 2004 a 2012

Ano	Crescimento do VTI	Acumulação de Capital	Crescimento do Trabalho	Mudança na PTF	Mudança na PTF				Choques Aleatórios
					Progresso Técnico	Eficiência Técnica	Efeito de Escala	Eficiência Alocativa	
2004	3.03	-2.09	3.39	-2.48	-6.83	4.53	-0.46	0.28	4.22
2005	13.69	8.68	3.46	-1.42	-4.47	4.19	-1.74	0.59	2.98
2006	17.24	11.29	5.62	0.18	-2.25	4.05	-1.62	0.00	0.15
2007	31.60	10.56	3.69	2.46	0.25	3.96	-1.13	-0.62	14.90
2008	-0.49	1.14	3.32	-2.51	-4.73	6.52	-0.88	-3.43	-2.43
2009	24.14	3.79	16.01	-3.57	-5.40	6.04	-6.90	2.69	7.90
2010	9.54	2.54	3.88	-4.50	-6.01	5.77	-1.12	-3.14	7.61
2011	7.83	2.62	2.49	-5.37	-6.63	5.58	-0.77	-3.56	8.10
2012	-1.51	0.75	1.75	-4.25	-7.25	5.30	-0.52	-1.78	0.24
Média	11.68	4.36	4.85	-2.39	-4.81	5.10	-1.68	-1.00	4.85

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 14 - Resultados da decomposição do produto e da PTF na indústria de transformação do Brasil para média baixa intensidade tecnológica, em percentual (% a.a.) – 2004 a 2012

Ano	Crescimento do VTI	Acumulação de Capital	Crescimento do Trabalho	Mudança na PTF	Mudança na PTF				Choques Aleatórios
					Progresso Técnico	Eficiência Técnica	Efeito de Escala	Eficiência Alocativa	
2004	0.89	-3.08	8.37	-2.72	-8.40	3.89	-0.71	2.50	-1.67
2005	9.22	6.97	1.82	-4.20	-5.75	3.67	-0.05	-2.07	4.63
2006	9.01	7.15	2.92	-0.94	-3.23	3.51	-0.68	-0.55	-0.12
2007	15.08	9.26	3.70	0.41	-0.69	3.34	-0.91	-1.35	1.72
2008	2.67	0.69	4.18	-2.87	-6.05	2.88	-0.56	0.86	0.67
2009	-2.86	1.09	-0.68	-5.20	-4.58	2.95	-0.29	-3.27	1.93
2010	18.20	4.63	5.67	-2.48	-3.54	2.84	-1.29	-0.49	10.38
2011	25.49	9.56	6.27	-11.71	-2.57	2.79	-0.95	-10.98	21.38
2012	5.11	0.90	2.21	-0.87	-1.48	2.70	-0.19	-1.90	2.86
Média	9.20	4.13	3.83	-3.40	-4.03	3.18	-0.63	-1.92	4.64

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 15 - Resultados da decomposição do produto e da PTF na indústria de transformação do Brasil para baixa intensidade tecnológica, em percentual (% a.a.) – 2004 a 2012 (continua)

Ano	Crescimento do VTI	Acumulação de Capital	Crescimento do Trabalho	Mudança na PTF	Mudança na PTF				Choques Aleatórios
					Progresso Técnico	Eficiência Técnica	Efeito de Escala	Eficiência Alocativa	
2004	9.50	3.65	3.53	-2.37	4.74	-5.23	-0.26	-1.63	4.69
2005	18.81	10.29	2.98	-4.74	6.12	-5.59	-0.60	-4.68	10.29
2006	8.41	6.24	2.36	1.54	7.93	-6.28	-0.77	0.66	-1.73
2007	10.64	6.20	3.15	1.16	9.48	-6.53	-0.53	-1.25	0.14
2008	13.48	8.93	1.72	1.29	-2.86	3.20	0.35	0.59	1.54
2009	14.06	8.00	3.64	0.89	-2.37	3.11	0.57	-0.41	1.52

Tabela 15 - Resultados da decomposição do produto e da PTF na indústria de transformação do Brasil para baixa intensidade tecnológica, em percentual (% a.a.) – 2004 a 2012 (conclusão)

Ano	Crescimento do VTI	Acumulação de Capital	Crescimento do Trabalho	Mudança na PTF	Mudança na PTF				Choques Aleatórios
					Progresso Técnico	Eficiência Técnica	Efeito de Escala	Eficiência Alocativa	
2010	9.88	2.05	5.23	1.76	-1.76	3.08	0.18	0.26	0.85
2011	12.74	7.16	3.45	2.13	-1.30	2.96	0.39	0.07	0.00
2012	2.13	2.08	1.51	0.71	-0.81	2.86	0.26	-1.59	-2.18
Média	11.07	6.07	3.06	0.26	2.13	-0.94	-0.05	-0.88	1.68

Fonte: Dados da pesquisa

Utilizando-se os conjuntos de dados de atividades da indústria de transformação agrupadas nos períodos de 2003 a 2007 e de 2007 a 2012, de acordo com a CNAE 1.0 e 2.0, respectivamente, procedeu-se a uma nova análise da PTF. O objetivo é verificar a contribuição média de cada uma das divisões, apresentadas a 2 dígitos na PIA, para a variação da PTF e de seus componentes. Para tanto, calculou-se a média desta variação em cada um dos períodos, para cada uma das classes de atividades (4 dígitos). As classes de atividades foram agrupadas em divisões e a soma das suas contribuições resulta na contribuição da divisão apresentada nas figuras 7 e 8. A correspondência entre os códigos utilizados e as atividades encontram-se no Anexo D.

Figura 7 - Decomposição da variação da produtividade por divisões de atividades – 2003 - 2007
Fonte: Dados da pesquisa

Entre os anos de 2003 e 2007 é possível identificar dois comportamentos padronizados: a variação do progresso técnico predominantemente negativo e a variação positiva na eficiência técnica. Como resultado, a variação na PTF foi negativa para 11 das divisões de atividades, em decorrência da queda no progresso técnico não compensado pelo crescimento da eficiência técnica. Seis divisões de atividades apresentaram

crescimento de 0,01% na PTF: fabricação de produtos têxteis; confecção de artigos do vestuário e acessórios; edição, impressão e reprodução de gravações; fabricação de material eletrônico e de aparelhos e equipamentos de comunicações; fabricação de equipamentos de instrumentação médico-hospitalares, instrumentos de precisão e ópticos, equipamentos para automação industrial, cronômetros e relógios; fabricação de móveis e indústrias diversas. Por outro lado, fabricação de produtos alimentícios e bebidas e fabricação de coque, refino de petróleo, elaboração de combustíveis nucleares e produção de álcool apresentaram queda da PTF de 0,36% e de 0,55%, respectivamente. A fabricação de produtos alimentícios e bebidas apresentou o maior crescimento da eficiência técnica, que foi em média de 0,39%. Entretanto, esta divisão sofreu ainda com a piora na eficiência alocativa, com queda de 0,34%. De forma geral, para todas as divisões o progresso técnico foi negativo ou nulo, e a eficiência técnica foi sempre positiva. Já efeito escala e eficiência alocativa apresentaram variação nula ou negativa para maior parte das divisões, como se pode constatar na Figura 7.

A Figura 8 reproduz o mesmo procedimento, agora para os dados do período 2007 a 2012. Diferente do período anterior, este não apresentou variações com comportamentos tão uniformes. Aqui se destaca a variação negativa da eficiência alocativa para a maior parte das divisões de atividades. Assim como no período anterior, há a predominância da variação negativa do progresso técnico, porém com taxas negativas menores e a variação nula para algumas divisões. A eficiência técnica repetiu o padrão apresentado no período anterior, e apresentou variação positiva para todas as divisões de atividade. Estas variações, porém, não são grandes o suficiente para proporcionar uma variação positiva da PTF.

Figura 8 - Decomposição da variação da produtividade por divisões de atividades – 2007 - 2012
 Fonte: Dados da pesquisa

A fabricação de produtos alimentícios e a metalurgia apresentaram o pior desempenho em eficiência alocativa, assim como fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos; fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias; fabricação de celulose, papel e produtos de papel e fabricação de produtos diversos. Entretanto, produtos alimentícios destacaram-se por apresentar desempenho positivo em eficiência técnica, algo que já havia sido verificado no período anterior.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho buscou avaliar o comportamento da PTF da indústria de transformação e de seus componentes. A atividade industrial é de suma importância em uma economia por gerar empregos qualificados, demandar insumos de outros setores, abastecer o mercado nacional com bens de consumo duráveis e não duráveis, além de contribuir para o saldo da balança comercial.

Nos anos recentes, entretanto, este setor tem enfrentado dificuldades para crescer e manter sua importância relativa em termos de produção e geração de empregos, e os resultados deste trabalho mostram que parte desse problema é o baixo, quando não negativo, crescimento da Produtividade Total dos Fatores do setor. O crescimento negativo da PTF no período é observado mesmo quando as atividades industriais são agrupadas de acordo com a intensidade tecnológica, e de acordo com as divisões de atividades apresentadas pela PIA com dois dígitos. O componente da PTF que mais colaborou para esse desempenho foi o progresso técnico; em alguns casos o crescimento da eficiência técnica neutralizou o desempenho negativo do progresso técnico, embora não tenha sido suficiente para proporcionar taxas de crescimento positivo da PTF. Tal fato demonstra que o setor vem buscando aproveitar a tecnologia disponível na tentativa de crescer, ainda que não seja o suficiente. Este trabalho também revelou que a eficiência alocativa é predominantemente negativa, e o efeito escala contribuiu para o crescimento da PTF apenas para as atividades com alta intensidade tecnológica.

O problema do baixo crescimento do setor industrial vem sendo amplamente discutido na literatura, e algumas soluções sugeridas versam sobre a adoção de uma política industrial forte e administração da taxa de câmbio, a fim de evitar uma valorização como aconteceu até recentemente. A infraestrutura é um ponto muito importante no desenvolvimento da indústria, a falta de investimentos em rodovias, portos, aeroportos, geração de energia tem impactado fortemente nos custos de produção industrial e dificultado a competitividade do setor nos mercados nacional e internacional.

O crescimento sustentável do setor industrial de transformação depende de uma mudança do comportamento da PTF observado no período

2004 a 2012. É necessário que se crie condições nos âmbitos econômico e institucional que garantam estabilidade econômica e condições de acesso a técnicas de produção mais eficientes e modernas. Além disso, os resultados da pesquisa reforçam as análises encontradas na literatura a respeito da necessidade de implementação de políticas horizontais que garantam, no longo prazo, maior qualidade da força de trabalho empregada nas atividades do setor, investimentos em infraestrutura são alguns dos incentivos à produtividade necessários para gerar um novo ciclo de crescimento econômico sustentado do setor de transformação industrial no Brasil.

REFERÊNCIAS

AIGNER, D. J.; LOVELL, C. A. K.; SCHIMDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of Econometrics**, Los Angeles, v. 6, n.1. p. 21-37, 1977.

BACHA, E. Bonança externa e desindustrialização: uma análise do período 2005-2011. In: BACHA, E.; BOLLE, M. B. de. **O futuro da indústria no Brasil: desindustrialização em debate**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2013. cap. 4, p. 97-120.

BATTESE, G. E.; COELLI, T. J. Frontier productions, technical efficiency and panel data: with application to farmers in India. **The Journal of Productivity Analysis**, Boston, n.3, p. 153-169, 1992.

BATTESE, G. E.; CORRA, G. S. Estimation of a production frontier model: with application to the pastoral zone of eastern Australia. **Australian Journal of Agricultural Economics**, Camberra, v. 21, n. 3, p. 169-179, 1977.

BAUER, P. W. Decomposing TFP growth in the presence of cost inefficiency, nonconstant returns to scale, and technological progress. **The Journal of Productivity Analysis**, Boston, n.1, p. 287-299, 1990.

BONELLI, R. **Custos unitários do trabalho no Brasil: os anos 2000**. Rio de Janeiro: FGV-IBRE, 2012. 15 p. (Texto para Discussão).

BONELLI, R.; BACHA, E. Crescimento brasileiro revisitado. In VELOSO, F.; FERREIRA, P. C.; GIAMBIAGI, F.; PESSÔA, S. de A. **Desenvolvimento econômico: uma perspectiva brasileira**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. cap. 8, p. 236-262.

BONELLI, R.; FONSECA, R. Ganhos de produtividade e de eficiência: novos resultados para a economia brasileira. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 28, n.2, p. 273-314, ago. 1998.

BONELLI, R.; PESSÔA, S. de A. **Desindustrialização no Brasil: um resumo da evidência**. Rio de Janeiro: FGV-IBRE, 2010. 61 p. (Texto para Discussão n.7).

BONELLI, R.; PESSÔA, S. de A.; MATOS, S. M. Desindustrialização no Brasil: fatos e interpretação. In: BACHA, E.; BOLLE, M. B. de. **O futuro da indústria no Brasil: desindustrialização em debate**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2013a. cap. 2, p. 45-79.

_____. Padrões de crescimento industrial no Brasil. In VELOSO, F.; FERREIRA, P. C.; GIAMBIAGI, F.; PESSÔA, S. de A. **Desenvolvimento econômico: uma perspectiva brasileira**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013b. cap. 12, p. 347-380.

BONELLI, R.; PINHEIRO, A. C. **Competitividade e desempenho industrial: além do câmbio**. Rio de Janeiro: FGV-IBRE, 2012. 24 p. (Texto para Discussão).

BRAGAGNOLO, C. **Produtividade, crescimento e ciclos econômicos na agricultura brasileira**. 2012. 170 p. Tese (Doutorado em Ciências – Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

CANÊDO-PINHEIRO, M.; FERREIRA, P. C.; PESSÔA, S. de A.; SCHYMURA, L. G. Por que o Brasil não precisa de política industrial. **Ensaio Econômico EPGE**, Rio de Janeiro, n. 644, 39 p. 2007.

CANO, W. A desindustrialização no Brasil. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 21, Número Especial, p. 831-851, dez. 2012.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONELL, C. J.; BATTESE, G. E., **An introduction to efficiency and productivity analysis**, 2nd ed., New York: Springer, 2005. 331 p.

CUNHA, A. M.; LELIS, M. T. C.; FLIGENSPAN, F. B. Desindustrialização e comércio exterior: evidências para o Brasil. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 33, n. 3 (132), p. 463-483, jul./ set. 2013.

DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. Evolução recente dos indicadores de produtividade no Brasil. **Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**. Brasília, n. 28, ago. 2013. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/>>. Acesso em: 11 set. 2013.

FARRELL, M. J.; The measurement of productivity efficiency. **Journal of Statistical Society**, London, v. 120, n. 3. P.253-290, 1957.

FERREIRA, P. C. G. Sobre a inexistente relação entre política industrial e comércio exterior. **Ensaio Econômico EPGE**, Rio de Janeiro, n. 601, 31 p. 2005.

FERREIRA, P. C. G.; ELLERY JR, R.; GOMES, V. Produtividade agregada brasileira (1970-2000): declínio robusto e fraca recuperação. **Ensaio Econômico EPGE**, Rio de Janeiro, n. 594, 30p. 2005.

FERREIRA, P. C. G.; PESSÔA, S. de A.; VELOSO, F. A. The evolution of international output differences (1960-2000): from factors to productivity. **Ensaio Econômico EPGE**, Rio de Janeiro, n. 548, p. 1-31, 2004.

_____. The evolution of TFP in Latin America: high productivity when distortions were high? **Ensaio Econômico EPGE**, Rio de Janeiro, n. 699, 20 p. 2010.

FERREIRA, P. C. G.; TREJOS, A. Gains from trade and measured total factor productivity. **Review of Economic Dynamics**, St. Louis, v. 14, n. 3, p. 496-510, Jul. 2011.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS – INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA - FGV/IBRE. **Indicadores de Preços – IPA**. Disponível em: <<http://portalibre.fgv.br/>>. Acesso em: 11 jun. 2014.

FISHLOW, A. Origens e consequências da substituição de importações: 40 anos depois. In: BACHA, E.; BOLLE, M. B. de. **O futuro da indústria no Brasil**: desindustrialização em debate. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2013. cap. 1, p. 23-43.

FRAGA, A. Latin America since the 1990s: rising from the Sickbed? **Journal of Economic Perspectives**, Pittsburgh, v. 18, n. 2, p. 89-106, Spring 2004.

FREITAS, F. C. G. A. **Evolução da produtividade total dos fatores na economia brasileira**: uma análise do período pós-Real. São Paulo: EAESP/FGV, 2003. 175 p. Relatório de Pesquisa NPP.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. 5 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 802 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Contas nacionais**: Brasil. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 maio 2015.

_____. **Pesquisa industrial anual** – empresa 2012. Tabelas completas. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

_____. **Pesquisa Industrial Anual** – PIA.. IBGE, 2011. V. 30 (Série Relatórios Metodológicos)

_____. **Pesquisa Industrial Anual** - PIA. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

_____. **Sistema IBGE de Recuperação Eletrônica (SIDRA)**. 2015. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 maio 2015.

INSTITUTO DE PESQUISA EM ECONOMIA APLICADA (IPEA). IPEADATA: **Banco de Dados do Instituto de Pesquisa em Economia Aplicada**. 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 ago. 2013.

KUMBHAKAR, S. C., LOVELL, C. A. K. **Stochastic frontier analysis**, Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

LISBOA, M. de B.; PESSOA, S. de A. Uma história sobre dois países (por enquanto). **Insper Working Paper**. WPE 309/ 2013. 17 p.

MATION, L. F. Produtividade total dos fatores no Brasil: impactos da educação e comparações internacionais. **Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**, Brasília, n. 28, ago. 2013. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/>>. Acesso em: 11 set. 2013.

MEEUSEN, W.; VAN DEN BROECK, J. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error, **International Economic Review**, Philadelphia, v. 18, n. 2, p. 435-444, 1977.

MESSA, A. Indicadores de produtividade: uma breve revisão dos principais métodos de cálculo. **Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**, Brasília, n. 28, ago. 2013. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/>>. Acesso em: 11 set. 2013.

NASSIF, A. Há evidências da desindustrialização no Brasil? **Brazilian Journal of Political Economy**, São Paulo v. 28, n. 1, p. 72-96, Jan./ Mar. 2008.

OREIRO, J. L.; FEIJÓ, C. A. Desindustrialização: conceituação, causas, efeitos e o caso brasileiro. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 219-232, abr. jun. 2010.

PARNES, B.; HARTUNG, G. Uma nota sobre a desaceleração recente da indústria brasileira. In: BACHA, E.; BOLLE, M. B. de. **O futuro da indústria no Brasil: desindustrialização em debate**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2013. cap. 6, p. 157-172.

PASTORE, A. C.; GAZZANO, M. ; PINOTTI, M. C. Por que a produção industrial não cresce desde 2010? In: BACHA, E.; BOLLE, M. B. de. **O futuro da indústria no Brasil: desindustrialização em debate**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2013. cap. 5, p. 121-155.

PESQUISA industrial 2003. Empresa. Rio de Janeiro: IBGE, v. 22, n.1, p.1-257, 2003.

PESQUISA industrial 2005. Empresa. Rio de Janeiro: IBGE, v. 24, n.1, p.1-275, 2005.

PESQUISA industrial 2008. Empresa. Rio de Janeiro: IBGE, v. 27, n.1, p.1-186, 2008.

PESQUISA industrial 2011. Empresa. Rio de Janeiro: IBGE, v. 30, n.1, p.1-184, 2011.

PESQUISA industrial anual - empresa. Rio de Janeiro: IBGE, v. 26, n.1, p.1-275, 2004. Série relatórios metodológicos.

PESQUISA industrial: inovação tecnológica 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 164 p.

PIRES, J. O.; GARCIA, F. **Productivity of nations: a stochastic frontier approach to TFP decomposition**. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 2004. 39 p. (FGV. Texto para Discussão, 143).

PIRES, J. O.; GARCIA, F. Productivity on nations: a stochastic frontier approach to TFP decomposition. **Economics Research International**, New York, v. 12, Article ID 584869, p. 1-19, 2012.

RODRIK, D. Premature deindustrialization. **NBER Working Paper Series**, Cambridge, n. 20935, 48 p. Feb. 2015.

SCHETTINI, D. C. D. **Eficiência produtiva na indústria de transformação nas regiões brasileiras**: uma análise de fronteira estocástica e cadeias espaciais de Markov. São Paulo. 2010. 192 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Economia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SCHYMURA, L.; PINHEIRO, M. C. Política industrial brasileira: motivações e diretrizes. In: BACHA, E.; BOLLE, M. B. de. **O futuro da indústria no Brasil**: desindustrialização em debate. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2013. cap. 3, p. 81-94.

SQUEFF, G. C.; DE NEGRI, F. Produtividade do trabalho e rigidez estrutural no Brasil nos anos 2000. **Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**. Brasília, n. 28, ago. 2013. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/>>. Acesso em: 11 set. 2013.

ANEXOS

ANEXO A: Correspondência entre IPA e PIA

IPA – OG - DI	PIA - Código do Cnae 1.0
Prod. Alimentícios e Bebidas	15. Fabricação de produtos alimentícios e bebidas
Produtos do Fumo	16. Fabricação de produtos do fumo
Produtos Têxteis	17. Fabricação de produtos têxteis
Artigos do Vestuário	18. Confeção de artigos do vestuário e acessórios
Couros e Calçados	19. Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados
Produtos de Madeira	20. Fabricação de produtos de madeira
Celulose, Papel e Prod. Papel	21. Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
Índice geral da indústria de transformação	22. Edição, impressão e reprodução de gravações
Prod. Deriv. do Petróleo e Álcool	23. Fabricação de coque, refino de petróleo, elaboração de combustíveis nucleares e produção de álcool
Produtos Químicos	24. Fabricação de produtos químicos
Art. de Borracha e Mat. Plástico	25. Fabricação de artigos de borracha e material plástico
Prod. de Minerais Não-Metálicos	26. Fabricação de produtos de minerais não-metálicos
Metalurgia Básica	27. Metalurgia básica
Produtos de Metal	28. Fabricação de produtos de metal - exceto máquinas e equipamentos
Máquinas e Equipamentos	29. Fabricação de máquinas e equipamentos
Equipamentos de Informática	30. Fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática
Máq., Aparelhos e Mat. Elétricos	31. Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos
Mat. Eletrônico, Aparelho e Eq. Comunicação	32. Fabricação de material eletrônico e de aparelhos e equipamentos de comunicações
Índice geral da indústria de transformação	33. Fabricação de equipamentos de instrumentação médico-hospitalares, instrumentos de precisão e ópticos, equipamentos para automação industrial, cronômetros e relógios
Veículos Automotores, Reboques, Carroceria, Autopeça	34. Fabricação e montagem de veículos automotores, reboques e carrocerias
Outros Equipamentos de Transporte	35. Fabricação de outros equipamentos de transporte
Móveis e Artigos do Mobiliário	36. Fabricação de móveis e indústrias diversas
Índice geral da indústria de transformação	37. Reciclagem

Figura 9 - Correspondência entre IPA e PIA – CNAE 1.0

Fonte: FGV/IBRE, 2014 e IBGE, 2014.

IPA – OG - DI	PIA - Código do Cnae 2.0
Prod. Alimentícios e Bebidas	10. Fabricação de produtos alimentícios
Prod. Alimentícios e Bebidas	11. Fabricação de bebidas
Produtos do Fumo	12. Fabricação de produtos do fumo
Produtos Têxteis	13. Fabricação de produtos têxteis
Artigos do Vestuário	14. Confecção de artigos do vestuário e acessórios
Couros e Calçados	15. Preparação de couros e fabricação de artefatos
Produtos de Madeira	16. Fabricação de produtos de madeira
Celulose, Papel e Prod. Papel	17. Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
Índice geral da indústria de transformação	18. Impressão e reprodução de gravações
Prod. Deriv. do Petróleo e Álcool	19. Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis
Produtos Químicos	20. Fabricação de produtos químicos
Produtos Químicos	21. Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
Art. de Borracha e Mat. Plástico	22. Fabricação de produtos de borracha e de material plástico
Prod. de Minerais Não-Metálicos	23. Fabricação de produtos de minerais não-metálicos
Metalurgia Básica	24. Metalurgia
Produtos de Metal	25. Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos
Equipamentos de Informática	26. Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
Máq., Aparelhos e Mat. Elétricos	27. Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos
Máquinas e Equipamentos	28. Fabricação de máquinas e equipamentos
Veículos Automotores, Reboques, Carroceria, Autopeça	29. Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias
Outros Equipamentos de Transporte	30. Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores
Móveis e Artigos do Mobiliário	31. Fabricação de móveis
Índice geral da indústria de transformação	32. Fabricação de produtos diversos
Índice geral da indústria de transformação	33. Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos

Figura 10 - Correspondência entre IPA e PIA – CNAE 2.0

Fonte: FGV/IBRE, 2014 e IBGE, 2014

ANEXO B – Classificação de intensidade tecnológica

Classificação	Divisões e agregações	Cnae 1.0	Razão Gastos P&D/receita líquida de vendas (%)
Alta intensidade tecnológica	Outros equipamentos de transporte	35	2,72
	Equipamentos de instrumentação médico-hospitalares, instrumentos de precisão e ópticos, equipamentos para automação industrial, cronômetros e relógios	33, 265	1,77
	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	31	1,76
	Material eletrônico e de aparelhos e equipamentos de comunicações	322,323	1,75
	Máquinas para escritório e equipamentos de informática	30	1,30
	Máquinas e equipamentos	29	1,15
	Veículos automotores, reboques e carrocerias	341 a 343, 345	1,04
	Refino de Petróleo	232	0,96
Média alta intensidade tecnológica	Produtos farmacêuticos	245	0,83
	Material eletrônico básico	321	0,69
	Produtos do fumo	16	0,64
	Produtos químicos	241 a 244, 246 a 249	0,62
	Peças e acessórios para veículos	344	0,55
	Produtos diversos	369	0,50
	Celulose e outras pastas para a fabricação de papel	211	0,49
Média baixa intensidade tecnológica	Produtos siderúrgicos	271, 272, 273	0,44
	Artigos de borracha e plástico	25	0,42
	Produtos de metal	28	0,35
	Metalurgia de metais não-ferrosos e fundição	274,275	0,33
	Papel, embalagens e artefatos de papel	212 a 214	0,32
	Produtos de minerais não-metálicos	26	0,30
	Couros, artefatos de couros, artigos de viagem e calçados	19	0,29
	Produtos têxteis	17	0,27
Baixa intensidade tecnológica	Produtos alimentícios	151 a 158	0,25
	Artigos do mobiliário	361	0,24
	Indústrias extrativas	10, 11, 13, 14	0,23
	Confecção de artigos do vestuário e acessórios	18	0,21
	Produtos de madeira	20	0,19
	Edição, impressão e reprodução de gravações	22	0,07
	Bebidas	159	0,06
	Coque, álcool e elaboração de combustíveis nucleares	231, 233, 234	0,03

Figura 11 – Classificação das divisões e agregações por intensidade tecnológica – CNAE 1.0.
Fonte: PESQUISA, 2003.

Classificação	Divisões e agregações	Cnae 2.0	Razão Gastos P&D/receita líquida de vendas (%)
Alta intensidade tecnológica	Fabricação de outros equipamentos de transporte	30	2.72
	Fabricação de equipamentos de instrumentação médico-hospitalares, instrumentos de precisão e ópticos, equipamentos para automação industrial, cronômetros e relógios	266, 267	1.77
	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	27	1.76
	Fabricação de aparelhos e equipamentos de comunicações	263, 264, 268	1.75
	Fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática	262	1.30
	Fabricação de máquinas e equipamentos	28	1.15
	Refino de petróleo	192	0.96
	Fabricação e montagem de veículos automotores, reboques e carrocerias	291 a 293, 295	0.89
Média alta intensidade tecnológica	Fabricação de produtos farmacêuticos	21	0.83
	Fabricação de material eletrônico básico	261	0.69
	Fabricação de produtos do fumo	12	0.64
	Fabricação de produtos químicos	20	0.62
	Fabricação de peças e acessórios para veículos	294	0.55
	Fabricação de produtos diversos	32	0.50
	Fabricação de celulose e outras pastas	171	0.49
Média baixa intensidade tecnológica	Produtos siderúrgicos	241 a 243	0.44
	Fabricação de artigos de borracha e plástico	22	0.42
	Fabricação de produtos de metal	25	0.35
	Metalurgia de metais não-ferrosos e fundição	244, 245	0.33
	Fabricação de papel, embalagens e artefatos de papel	172 a 174	0.32
	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	23	0.30
Baixa intensidade tecnológica	Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	15	0.29
	Fabricação de produtos têxteis	13	0.27
	Fabricação de produtos alimentícios	10	0.25
	Fabricação de artigos do mobiliário	31	0.24
	Confecção de artigos do vestuário e acessórios	14	0.21
	Fabricação de produtos de madeira	16	0.19
	Edição, impressão e reprodução de gravações	18	0.07
	Fabricação de bebidas	11	0.06
	Fabricação de coque, álcool e elaboração de combustíveis nucleares	191, 193	0.03

Figura 12 – Classificação das divisões e agregações por intensidade tecnológica – CNAE 2.0.
 Fonte: Cálculos obtidos a partir da PESQUISA, 2010 e IBGE, 2014.

ANEXO C – Testes de razão de verossimilhança

Tabela 1 - Teste de razão de verossimilhança - 2003-2007

	Translog Completo	Harrod Neutro	Solow Neutro	Hicks Neutro	Translog sem PT	Cobb Douglas com PT
Harrod Neutro	2,29	---	---	---	---	---
$\beta_{Kt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Solow Neutro	1,00	NC	---	---	---	---
$\beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Hicks Neutro	2,35	0,07	1,36	---	---	---
$\beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(2)$	$\chi^2(1)$	$\chi^2(1)$			
Translog sem PT	21,20	18,91	20,20	18,85	---	---
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(4)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(2)$		
Cobb-Douglas com PT	24,39	22,10	23,39	22,04	NC	---
$\beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(4)$		
Cobb-Douglas sem PT	30,15	27,86	29,15	27,79	8,95	5,76
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(7)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(1)$

NC = Não Comparáveis; TP = Progresso Técnico.

Tabela 2 - Teste de razão de verossimilhança – 2007 - 2012

	Translog Completo	Harrod Neutro	Solow Neutro	Hicks Neutro	Translog sem PT	Cobb Douglas com PT
Harrod Neutro	10,77	---	---	---	---	---
$\beta_{Kt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Solow Neutro	19,20	NC	---	---	---	---
$\beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Hicks Neutro	19,38	8,61	0,18	---	---	---
$\beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(2)$	$\chi^2(1)$	$\chi^2(1)$			
Translog sem PT	27,60	16,83	8,41	8,22	---	---
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(4)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(2)$		
Cobb-Douglas com PT	40,67	29,90	21,47	22,29	NC	---
$\beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(4)$		
Cobb-Douglas sem PT	61,39	50,62	42,19	42,01	33,79	20,72
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(7)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(1)$

NC = Não Comparáveis; TP = Progresso Técnico.

Tabela 3 - Teste de razão de verossimilhança para alta intensidade – 2003 - 2007

	Translog Completo	Harrod Neutro	Solow Neutro	Hicks Neutro	Translog sem PT	Cobb Douglas com PT
Harrod Neutro	6,37	---	---	---	---	---
$\beta_{Kt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Solow Neutro	1,62	NC	---	---	---	---
$\beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Hicks Neutro	9,65	3,28	8,03	---	---	---
$\beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(2)$	$\chi^2(1)$	$\chi^2(1)$			
Translog sem PT	20,87	14,50	19,24	11,22	---	---
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(4)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(2)$		
Cobb-Douglas com PT	39,32	32,95	37,70	20,67	NC	---
$\beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(4)$		
Cobb-Douglas sem PT	43,78	37,41	42,15	34,13	22,91	4,46
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(7)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(1)$

NC = Não Comparáveis; TP = Progresso Técnico

Tabela 4 - Teste de razão de verossimilhança para alta intensidade – 2007 - 2012

	Translog Completo	Harrod Neutro	Solow Neutro	Hicks Neutro	Translog sem PT	Cobb Douglas com PT
Harrod Neutro	5,32	---	---	---	---	---
$\beta_{Kt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Solow Neutro	10,37	NC	---	---	---	---
$\beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Hicks Neutro	13,73	8,56	3,51	---	---	---
$\beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(2)$	$\chi^2(1)$	$\chi^2(1)$			
Translog sem PT	16,71	11,54	6,49	2,98	---	---
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(4)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(2)$		
Cobb-Douglas com PT	26,76	21,59	16,54	13,03	NC	---
$\beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(4)$		
Cobb-Douglas sem PT	26,76	21,59	16,54	13,03	10,05	-0,00
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(7)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(1)$

NC = Não Comparáveis; TP = Progresso Técnico

Tabela 5 - Teste de razão de verossimilhança para média alta intensidade – 2003 - 2007

	Translog Completo	Harrod Neutro	Solow Neutro	Hicks Neutro	Translog sem PT	Cobb Douglas com PT
Harrod Neutro	4,80	---	---	---	---	---
$\beta_{Kt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Solow Neutro	0,37	NC	---	---	---	---
$\beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Hicks Neutro	6,62	1,82	6,25	---	---	---
$\beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(2)$	$\chi^2(1)$	$\chi^2(1)$			
Translog sem PT	8,30	3,50	7,93	1,68	---	---
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(4)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(2)$		
Cobb-Douglas com PT	23,95	19,15	23,58	17,33	NC	---
$\beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(4)$		
Cobb-Douglas sem PT	23,95	19,15	23,58	17,33	15,65	0,00
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(7)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(1)$

NC = Não Comparáveis; TP = Progresso Técnico

Tabela 6 - Teste de razão de verossimilhança para média alta intensidade – 2007 - 2012

	Translog Completo	Harrod Neutro	Solow Neutro	Hicks Neutro	Translog sem PT	Cobb Douglas com PT
Harrod Neutro	0,29	---	---	---	---	---
$\beta_{Kt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Solow Neutro	0,62	NC	---	---	---	---
$\beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Hicks Neutro	0,65	0,37	0,04	---	---	---
$\beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(2)$	$\chi^2(1)$	$\chi^2(1)$			
Translog sem PT	4,82	4,53	4,20	4,17	---	---
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(4)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(2)$		
Cobb-Douglas com PT	23,59	23,30	22,97	22,93	NC	---
$\beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(4)$		
Cobb-Douglas sem PT	33,77	33,48	33,15	33,12	28,95	18,10
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(7)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(1)$

NC = Não Comparáveis; TP = Progresso Técnico

Tabela 7 - Teste de razão de verossimilhança para média baixa intensidade – 2003 - 2007

	Translog Completo	Harrod Neutro	Solow Neutro	Hicks Neutro	Translog sem PT	Cobb Douglas com PT
Harrod Neutro	1,91	---	---	---	---	---
$\beta_{Kt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Solow Neutro	1,66	NC	---	---	---	---
$\beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Hicks Neutro	1,92	0,06	0,31	---	---	---
$\beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(2)$	$\chi^2(1)$	$\chi^2(1)$			
Translog sem PT	14,98	13,07	13,32	13,01	---	---
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(4)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(2)$		
Cobb-Douglas com PT	15,44	13,52	13,78	13,47	NC	---
$\beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(4)$		
Cobb-Douglas sem PT	26,34	24,42	24,67	24,37	11,36	10,90
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(7)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(1)$

NC = Não Comparáveis; TP = Progresso Técnico

Tabela 8 - Teste de razão de verossimilhança para média baixa intensidade – 2007 - 2012

	Translog Completo	Harrod Neutro	Solow Neutro	Hicks Neutro	Translog sem PT	Cobb Douglas com PT
Harrod Neutro	6,58	---	---	---	---	---
$\beta_{Kt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Solow Neutro	4,30	NC	---	---	---	---
$\beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Hicks Neutro	6,58	0,00	2,28	---	---	---
$\beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(2)$	$\chi^2(1)$	$\chi^2(1)$			
Translog sem PT	32,52	25,94	28,22	25,94	---	---
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(4)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(2)$		
Cobb-Douglas com PT	19,37	12,79	15,07	12,79	NC	---
$\beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(4)$		
Cobb-Douglas sem PT	39,76	33,19	35,47	33,19	7,24	20,39
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(7)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(1)$

NC = Não Comparáveis; TP = Progresso Técnico

Tabela 9 - Teste de razão de verossimilhança para baixa intensidade – 2003 - 2007

	Translog Completo	Harrod Neutro	Solow Neutro	Hicks Neutro	Translog sem PT	Cobb Douglas com PT
Harrod Neutro	11,39	---	---	---	---	---
$\beta_{Kt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Solow Neutro	6,98	NC	---	---	---	---
$\beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Hicks Neutro	11,80	0,41	4,82	---	---	---
$\beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(2)$	$\chi^2(1)$	$\chi^2(1)$			
Translog sem PT	18,15	6,76	11,17	6,35	---	---
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(4)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(2)$		
Cobb-Douglas com PT	28,17	16,78	21,19	16,37	NC	---
$\beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(4)$		
Cobb-Douglas sem PT	31,60	20,21	24,62	19,81	13,45	3,44
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(7)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(1)$

NC = Não Comparáveis; TP = Progresso Técnico

Tabela 10 - Teste de razão de verossimilhança para baixa intensidade – 2003 - 2007

	Translog Completo	Harrod Neutro	Solow Neutro	Hicks Neutro	Translog sem PT	Cobb Douglas com PT
Harrod Neutro	1,56	---	---	---	---	---
$\beta_{Kt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Solow Neutro	2,22	NC	---	---	---	---
$\beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(1)$					
Hicks Neutro	2,22	0,66	0,00	---	---	---
$\beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(2)$	$\chi^2(1)$	$\chi^2(1)$			
Translog sem PT	10,59	9,03	8,37	8,37	---	---
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = 0$	$\chi^2(4)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(2)$		
Cobb-Douglas com PT	9,79	8,23	7,57	7,57	NC	---
$\beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(4)$		
Cobb-Douglas sem PT	16,74	15,18	14,52	14,52	6,15	6,95
$\beta_t = \beta_{tt} = \beta_{Kt} = \beta_{Lt} = \beta_{KL} = \beta_{KK} = \beta_{LL} = 0$	$\chi^2(7)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(6)$	$\chi^2(5)$	$\chi^2(3)$	$\chi^2(1)$

NC = Não Comparáveis; TP = Progresso Técnico

ANEXO D – Correspondência entre códigos CNAE e divisões de atividades

Código CNAE 1.0	Divisões de atividades
15	Fabricação de produtos alimentícios e bebidas
16	Fabricação de produtos do fumo
17	Fabricação de produtos têxteis
18	Confecção de artigos do vestuário e acessórios
19	Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados
20	Fabricação de produtos de madeira
21	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
22	Edição, impressão e reprodução de gravações
23	Fabricação de coque, refino de petróleo, elaboração de combustíveis nucleares e produção de álcool
24	Fabricação de produtos químicos
25	Fabricação de artigos de borracha e material plástico
26	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos
27	Metalurgia básica
28	Fabricação de produtos de metal - exceto máquinas e equipamentos
29	Fabricação de máquinas e equipamentos
30	Fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática
31	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos
32	Fabricação de material eletrônico e de aparelhos e equipamentos de comunicações
33	Fabricação de equipamentos de instrumentação médico-hospitalares, instrumentos de precisão e ópticos, equipamentos para automação industrial, cronômetros e relógios
34	Fabricação e montagem de veículos automotores, reboques e carrocerias
35	Fabricação de outros equipamentos de transporte
36	Fabricação de móveis e indústrias diversas

Quadro 1 - Correspondência entre código CNAE 1.0 e divisão de atividade

Fonte: IBGE, 2014

Código CNAE 2.0	Divisões de atividades
10	Fabricação de produtos alimentícios
11	Fabricação de bebidas
12	Fabricação de produtos do fumo
13	Fabricação de produtos têxteis
14	Confeção de artigos do vestuário e acessórios
15	Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados
16	Fabricação de produtos de madeira
17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
18	Impressão e reprodução de gravações
19	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis
20	Fabricação de produtos químicos
21	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
22	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico
23	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos
24	Metalurgia
25	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos
26	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
27	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos
28	Fabricação de máquinas e equipamentos
29	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias
30	Fabricação de móveis
31	Fabricação de móveis
32	Fabricação de produtos diversos
33	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos

Quadro 2 - Correspondência entre código CNAE 2.0 e divisão de atividade

Fonte: IBGE, 2014