

# Estimação da Lei de Kaldor-Verdoorn para a indústria brasileira no período 2001-12\*

Henrique Morrone\*\*

PhD em Economia pela Universidade de Utah e Economista do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA)

## Resumo

*Buscando contribuir para o debate sobre o papel da indústria no processo de crescimento econômico, estimou-se a Lei de Kaldor-Verdoorn para a indústria brasileira. Esse fato estilizado, chamado de lei, estabelece uma relação positiva entre a taxa de crescimento da produção industrial e a taxa de crescimento de sua produtividade do trabalho. A fonte de dados brutos é originária da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Ipeadata. A estimação dessa lei para o período 2001-12 foi efetuada usando o Modelo de Correção de Erros (MCE). Os resultados apontam a presença de economias de escala estáticas e dinâmicas no setor industrial. Entretanto os resultados são inferiores aos observados para o Brasil em períodos anteriores, demonstrando a queda da dinâmica industrial no período analisado.*

**Palavras-chave:** economias de escala; Lei de Kaldor-Verdoorn; desenvolvimento industrial.

## Abstract

*This paper estimates the Kaldor-Verdoorn (KV) Law for the industrial sector in Brazil. This law defines a positive relationship between the industrial labor productivity growth rate and its production growth rate. Statistics from IBGE and Ipeadata in the period 2001 to 2012 serve as data sources for the estimation. We estimate the KV law through an error correction model (MCE). The results suggest the existence of static and dynamic economies of scale in the Brazilian industry. However, the results reveal a decrease in its sectoral dynamics and a lack of capability to incorporate productivity gains.*

**Key words:** economies of scale; Kaldor-Verdoorn Law; industrial development.

---

\* Artigo recebido em 03 jan. 2013.  
Revisora de Língua Portuguesa: Valesca Casa Nova Nonnig.

\*\* E-mail: hmorrone@hotmail.com

# 1 Introdução

De 2001 a meados de 2008, a economia brasileira apresentou uma tendência positiva da produtividade do trabalho industrial. A década de 80, marcada pela estagnação da produtividade, deu lugar a uma nova fase, iniciada em 1990, onde a produtividade industrial passou a crescer a taxas robustas. Essa quebra de tendência da produtividade industrial foi induzida pelo aumento da concorrência externa, via abertura comercial, que levou à queda expressiva do índice do pessoal ocupado na indústria.

A partir de meados de 2001, notou-se a persistência da tendência positiva da produtividade do trabalho industrial (pelo menos até 2008). Contudo, entre meados de 2008 até o presente, há relativa estagnação da produtividade do trabalho industrial. Essa tendência de crescimento e estagnação está inserida em um novo contexto macroeconômico e, a partir de 2003, em uma nova estratégia de desenvolvimento nacional. Esse modelo de desenvolvimento está baseado na geração de empregos e em políticas sociais.

Esse expressivo aumento da produtividade do trabalho, seguido de estagnação, induz a pensar sobre uma série de fatores explicativos desse processo. A maioria dos estudos empíricos dão ênfase a fatores microeconômicos, como, por exemplo, mudanças organizacionais nas empresas, como sendo preponderantes na explicação do processo de crescimento da produtividade, deixando-se de lado fatores macroeconômicos, extremamente importantes na explicação desse processo.

Nesse sentido, a recuperação das ideias de Kaldor sobre o processo de crescimento dos países torna-se necessária, a fim de evidenciar a importância da indústria para o crescimento econômico. Em sua segunda lei, é estabelecida uma relação positiva entre a taxa de crescimento da produtividade da manufatura e a taxa de crescimento de sua produção. A demanda atua como fator indutor do aumento da produção, gerando o aumento da produtividade em setores detentores de economias de escala. A dinâmica kaldoriana, no que tange aos retornos crescentes de escala, advém de fatores como: divisão do trabalho, economias externas e *learning by doing*. Para Kaldor, o setor industrial funcionaria como a força motora do crescimento das nações.

O presente trabalho visa estimar a Lei de Kaldor-Verdoorn (KV) para a indústria brasileira. Mensurar a elasticidade produtividade-produção industrial e verificar o potencial da indústria brasileira como potencia-

lizadora do crescimento nacional também são objetivos deste estudo. Com relação ao período de análise, utilizou-se para a indústria uma amostra de dados, provenientes da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Ipeadata, de janeiro de 2001 a junho de 2012. **Nesse sentido, os resultados das estimações serão comparados com os obtidos para o período de janeiro de 1985 a abril de 2001. Essa medida foi necessária, tendo em vista que a Pesquisa Industrial Mensal (PIM) da Fundação IBGE foi revisada em 2001, gerando a descontinuidade da série pela fonte. Com isso, será possível comparar o ajuste da Lei de KV nos dois períodos.** Empregase a técnica de séries temporais, através do Modelo de Correção de Erros (MCE), para estimar a Lei de Kaldor-Verdoorn

O artigo está estruturado em três seções, além desta **Introdução**: a seção 2 apresenta aspectos teóricos da Lei de Kaldor-Verdoorn; a seção 3 expõe a metodologia e os resultados; e a seção final exhibe as conclusões.

## 2 Lei de Kaldor-Verdoorn

Em 1966, Nicholas Kaldor apresentou, pela primeira vez, uma série de fatos estilizados do processo de crescimento de economias desenvolvidas. Em sua palestra em Cambridge, demonstrou as causas do baixo crescimento do Reino Unido.

Preocupado com a desindustrialização do Reino Unido (queda da razão entre emprego industrial e total) e com a divergência nas taxas de crescimento entre os países, Kaldor pesquisou, para uma amostra de 12 países, relações empíricas que pudessem explicar essas duas questões no período de 1952-54 a 1963-64. Seus objetivos eram detectar quais motivos levariam um país a apresentar baixa *performance* no que diz respeito ao crescimento econômico e, ainda, analisar porque o crescimento entre países e regiões era tão diferenciado. Sua amostra foi composta pelos seguintes países: Alemanha Ocidental, Áustria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Estados Unidos, França, Holanda, Itália, Japão, Noruega e Reino Unido.

Seu estudo apontou o papel da manufatura como setor indutor do crescimento econômico, devido às suas substanciais economias de escala. Nesse sentido, o declínio do setor industrial seria a explicação dos problemas econômicos enfrentados pelo Reino Unido. Na esfera internacional, Kaldor explicou a divergência entre países como sendo devida a economias

de escalas dinâmicas provenientes do processo de especialização e *learning by doing*.

Em sua segunda lei, também conhecida como Lei de Kaldor-Verdoorn, é estabelecida uma relação positiva entre a taxa de crescimento da produtividade do trabalho da indústria e a taxa de crescimento de sua produção. A equação a seguir define essa relação como:

$$p_i = \alpha + \phi \cdot q_i \quad (1)$$

Onde:

$p_i$  é a taxa de crescimento da produtividade do trabalho na indústria;

$\alpha$  é a constante de intercepto, que define a presença de outros fatores explicativos, sendo autônoma ao crescimento da produção manufatureira;

$\phi$  é o Coeficiente de Verdoorn, que mede o impacto da produção na produtividade. Se as variáveis forem logaritmadas, a expressão  $\phi$  pode ser considerada como a elasticidade produtividade-produção (Verdoorn, 1980); e

$q$  é a taxa de crescimento do valor real da produção industrial.

Cabe salientar que os coeficientes  $\alpha$  e  $\phi$  são constantes, e  $\phi$  deve assumir valores maiores que zero. Nesse sentido, a Lei de Verdoorn forneceria evidências substanciais de economias de escala. Um pré-requisito para a estabilidade do coeficiente  $\phi$  é que a razão capital/trabalho deve ser constante; caso contrário, o Coeficiente de Verdoorn será viesado.

A elasticidade produtividade-produção,  $\phi$ , é um bom indicador do estágio da estrutura produtiva de um setor (Marinho; Nogueira, 1998). Caso a elasticidade assuma um valor próximo de zero, os ganhos de produtividade incorporados pelo aumento da produção serão insignificantes, podendo ser tanto uma economia pouco desenvolvida como uma bastante desenvolvida, mas com dificuldades crescentes na incorporação de ganhos de produtividade. Por outro lado, um valor para a elasticidade maior que um é típico de economias com um elevado grau de dinamismo.

Kaldor trata o progresso técnico como endógeno, fruto do crescimento do produto industrial (via expansão da demanda), que geraria aumento de produtividade em setores onde existissem economias de escala. Logo, o crescimento econômico seria causado pelo aumento da demanda, induzindo o crescimento dos fatores e o progresso técnico. Nesse sentido, os referenciais de Kaldor são os trabalhos de Verdoorn

(1980) e Young (1928). De acordo com este último, as economias de escala seriam um fenômeno macroeconômico, sendo predominante sobre aspectos microeconômicos. Young (1928) assinala a existência da divisão do trabalho entre firmas. Através da divisão de etapas do processo produtivo entre firmas, com atividades complementares, o fenômeno das economias de escala tornar-se-ia macroeconômico, sendo impulsionado pela especialização e por economias externas.

Com relação à presença de economias de escala, Kaldor divide-as em dois tipos. O primeiro, chamado de economias de escala estáticas, advém do tamanho e da escala de produção das unidades produtivas. Assim, as economias de escala estáticas seriam uma resposta da produção às variações do tamanho do mercado. Esse conceito é o que, tradicionalmente, se emprega para economias de escala, ou seja, para que a produção dobre de tamanho, é requerida menos que o dobro da quantidade dos fatores de produção. Desse modo, o crescimento da produtividade do trabalho acaba sendo reversível, fruto da variação da produção, que, por sua vez, responde passivamente às expansões da demanda industrial. Kaldor, contudo, enfatiza o segundo tipo de economias de escala, que ele chamou de economias dinâmicas, as quais derivam do progresso técnico, das economias externas, da divisão do trabalho e do *learning by doing* (Feijó; Carvalho, 2002).

As economias de escala dinâmicas são derivadas, por exemplo, dos ganhos de aprendizado dos trabalhadores, que se tornam mais eficientes e aptos a executar inovações adicionais no processo produtivo (Oliveira, 2002). Esse tipo de economia de escala é insensível a mudanças contemporâneas da economia. Desse modo, o crescimento da produtividade induzido por economias de escala dinâmicas seria irreversível. Nesse processo, a relação de causalidade entre as variáveis seria expressa pelo que segue: o crescimento inicial da demanda por produtos industriais gera o aumento da produção, que, através dos retornos crescentes de escala dinâmicos e estáticos, provoca o incremento da produtividade do trabalho setorial.

Adicionalmente, um ponto importante destacado por Kaldor diz respeito ao fato de que o crescimento da produtividade seria mais do que proporcional ao crescimento da produção. Isso ocorreria, justamente, devido à presença de economias de escala no setor manufatureiro, sendo estas últimas um fenômeno macroeconômico. Assim, existiria uma nítida tendência à divergência nas taxas de crescimento da produtividade entre regiões e países. Os países desenvolvidos, por apresentarem mercados internos maiores e mais

dinâmicos, incorporariam com maior facilidade os ganhos de produtividade, derivados do progresso técnico, da especialização, das externalidades e da divisão do trabalho.

Essa afirmação de Kaldor, juntamente com a Lei de Kaldor-Verdoorn, fornece uma base sólida para um modelo de causação cumulativa de crescimento econômico, onde os fatores propulsores do crescimento se reforçam mutuamente. Esse círculo virtuoso provocaria um crescimento explosivo da produtividade do trabalho.

Verifica-se, portanto, que a Lei de Kaldor-Verdoorn deriva da constatação de que existem economias de escala estáticas e dinâmicas no setor manufatureiro. Isso conduz a um processo em que as taxas de crescimento entre países e regiões tendem a ser divergentes. Nesse sentido, um grande número de trabalhos empíricos tem testado a validade da Lei de Kaldor-Verdoorn a partir de dados de diferentes países.

Leon-Ledesma (1998), a partir da Lei de Kaldor-Verdoorn, busca evidências da presença de economias de escala para as regiões da Espanha no período 1962-91. Dados de painel foram usados para detectar as relações entre as variáveis. Leon-Ledesma (1998) constatou que existem fortes evidências de retornos crescentes de escala para o setor manufatureiro, para serviços e para o valor adicionado total das regiões analisadas.

Mangain (1999) avalia a aplicabilidade da Lei de Kaldor-Verdoorn para os países de industrialização recente da Ásia. Sua amostra foi composta por dois grupos. O primeiro formou-se por Singapura e Coreia do Sul; e o segundo, pela Malásia, pela Tailândia e pelas Ilhas Maurício. A base de dados foi retirada do Banco Mundial, abarcando o período 1960-88. Os resultados obtidos foram os seguintes: a Lei de Kaldor-Verdoorn teve suporte empírico para os países da amostra, exceto para a Malásia e a Coreia do Sul. Nesse sentido, o autor sugere adaptações das leis para o novo contexto mundial da globalização.

O artigo intitulado *Testing Kaldor's Growth Laws Across the Countries of África*, de Wells e Thirlwall (2003), pretende verificar o ajuste das proposições de Kaldor para os países africanos. A técnica estatística de Cross-Section foi usada pelos autores, sendo a amostra composta por 45 países africanos, focando o período 1980-96. Os resultados encontrados pelos autores forneceram suporte para as proposições de Kaldor.

Martinho (2005) objetiva, em seu estudo, estimar a Lei de Verdoorn para as regiões e setores de Portugal no período 1995-99. Os dados obtidos são das Contas Regionais de 2003, do Instituto Nacional de Estatística. A metodologia Dados de Painel foi aplicada. As estimações confirmaram a validade da Lei de Kaldor-Verdoorn.

Ao analisar o caso brasileiro, cabe referir que há um número limitado de estudos acerca da aplicação das Leis de Kaldor, sendo que os estudos existentes abordam, principalmente, o setor industrial. Dentre os estudos sobre a Lei de Kaldor-Verdoorn no Brasil, pode-se citar o trabalho de Marinho e Nogueira (1998), que tem por objetivo apresentar evidências empíricas da Lei de Kaldor-Verdoorn para a indústria de transformação do Brasil no período de 1985 a 1997. Os autores utilizaram como fonte de dados a Pesquisa Industrial Mensal da Fundação IBGE. A conclusão encontrada pelos autores foi a de que existe uma relação positiva entre o crescimento da produção e o da produtividade do trabalho na indústria de transformação brasileira.

Outro importante trabalho empírico aplicado ao Brasil foi o estudo de Guimarães (2002). Esse autor analisou a relação existente entre produção, economia de escala e produtividade nos setores industrial e agrícola, no período de 1970 a 1997 para o primeiro e no de 1975 a 1995 para o último. Os resultados encontrados para a indústria indicaram a presença de economias de escala. Contudo o autor refere que a magnitude do coeficiente de economias de escala de longo prazo (0,47) encontrado no estudo foi menor que a observada em estudos para outros países, indicando que a indústria de transformação brasileira apresentou um reduzido dinamismo. No que diz respeito ao sentido da causalidade entre as variáveis, verificaram-se evidências, através do Teste de Granger, de que as variações da produção precedem as variações da produtividade.

Nota-se, portanto, que a maioria dos estudos apontou a confirmação empírica da Lei de Kaldor-Verdoorn, sendo atribuídas algumas ressalvas no que diz respeito a problemas econométricos. Na próxima seção, buscar-se-ão evidências empíricas dessa Lei para a indústria brasileira no período de 2001 a 2012.

### 3 Metodologia, fontes de dados e resultados

Para o período 2001-12, três variáveis são necessárias para a estimação da Lei de Kaldor-Verdoorn: a produção industrial, a produtividade do trabalho industrial e o número de horas trabalhadas na indústria. Empregaram-se como fonte dos dados brutos para o cálculo da produtividade do trabalho no setor industrial a Pesquisa Industrial Mensal da Fundação IBGE e o Ipeadata. A partir dos dados brutos da PIM, selecionou-se para a indústria uma amostra que contempla o período de janeiro de 2001 a junho de 2012. Esse período foi escolhido em função da revisão da série ocorrida em 2001, o que gerou a descontinuidade da série pela fonte.

As variáveis utilizadas são o índice da produção física mensal (Pesquisa Industrial Mensal de Produção Física (PIM-PF)), como *proxy* do valor adicionado, e o índice do número de horas trabalhadas na produção, sendo as séries dessazonalizadas e logaritmadas. Para todas as séries, usa-se uma base fixa mensal (média 2002 = 100). Quanto ao método econométrico, foi empregado no estudo o Modelo de Correção de Erros, sendo as estimações efetuadas no *software* Gretl.

De posse dos dados e do procedimento econométrico, pretende-se estimar a relação de Kaldor-Verdoorn para a indústria no período de 2001 a 2012. A variável dependente é a produtividade do trabalho, sendo esta calculada pela razão entre as variáveis valor real da produção e o número (índice) de horas trabalhadas na produção. Já a variável explicativa utilizada é a produção física mensal.

A Figura 1 demonstra a evolução dos índices da produção industrial e da produtividade do trabalho industrial no Brasil. Analisando-se a figura, constata-se a existência de uma relação positiva entre as séries ao longo do tempo. Verifica-se, sobretudo, que as variáveis apresentam uma tendência ascendente a partir de 2002 e estagnação acompanhada de declínio de 2010 em diante.

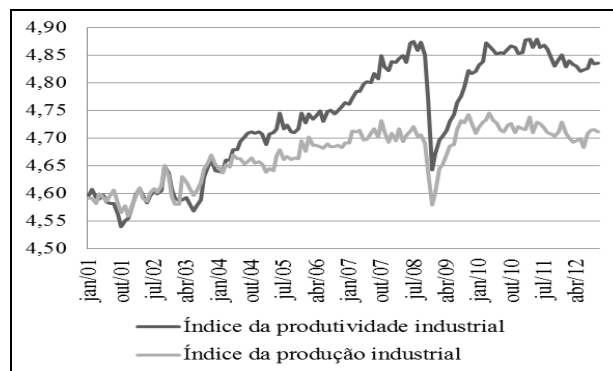
Devido à crise do *subprime* norte-americana, pode haver uma quebra estrutural na série em 2008. O resultado do Teste de Chow, presente no Apêndice, confirma a existência de uma quebra estrutural em janeiro de 2008, visto que a hipótese nula de estabilidade estrutural foi rejeitada ao nível de significância de 5% ( $p\text{-valor} = 0,001$ ).

Ademais, o padrão de crescimento conjunto das duas séries parece indicar que as mesmas são

cointegradas, existindo um equilíbrio de longo prazo no padrão de crescimento entre as variáveis. Desse modo, aplicou-se o procedimento de dois estágios de Engle-Granger, para confirmar a presença de cointegração, sendo o primeiro passo verificar se as duas séries possuem a mesma ordem de integração; e o segundo, testar se os resíduos da regressão entre as duas variáveis são estacionários.

Figura 1

Evolução temporal das séries do índice logaritmado da produtividade do trabalho (*lprd*) e do índice logaritmado da produção (*lpf*) da indústria brasileira — 2001-12



FONTES DOS DADOS BRUTOS: IBGE (2012).  
IPEA (2012).

Para confirmar a hipótese de raiz unitária, aplicou-se o Teste de Dickey-Fuller Aumentado. O Teste indicou a aceitação da hipótese nula da existência de uma raiz unitária ao nível de 5% de significância. Além disso, o Teste, quando aplicado para a primeira diferença das séries, mostrou que as mesmas se tornam estacionárias. Com efeito, isso indica que as séries possuem a mesma ordem de integração, sendo ambas  $I(1)$ .

Tabela 1

Resultados do Teste de Raiz Unitária para as variáveis *lprd* e *lpf*, com intercepto e tendência linear, referentes à indústria brasileira — 2001-12

VARIÁVEIS	DEFASAGENS (1)	TESTE DICKEY-FULLER AUMENTADO	<i>p</i> -valor
<i>lprd</i> .....	10	-1,69	0,76
$\Delta(lprd)$ .....	9	-5,57	0,00
<i>lpf</i> .....	1	-3,04	0,12
$\Delta(lpf)$ .....	1	-9,91	0,00

FONTES DOS DADOS BRUTOS: IBGE (2012).  
IPEA (2012).

NOTA: Os testes sem constante e com constante também indicaram a presença de uma raiz unitária.

(1) Número de defasagens automaticamente calculado pelo *software* econométrico Gretl.

Constatando que as séries são integradas de primeira ordem, o próximo passo consiste em se verificar se as variáveis são cointegradas. O fato de apresentarem um equilíbrio comum no longo prazo permite utilizar o processo de mínimos quadrados ordinários (MQO) na estimação da equação de Kaldor-Verdoorn. Nesse caso, estimou-se a equação abaixo, que faz parte do primeiro estágio do processo.

$$lprd = 2,56 + 0,45lpf \quad (2)$$

Onde:

$lprd$  é o logaritmo do índice da produtividade do trabalho industrial (com ajuste sazonal); e  
 $lpf$  é o logaritmo do índice da produção física industrial (com ajuste sazonal).

Depois de se estimar a relação de longo prazo entre as variáveis, verificou-se se os resíduos são estacionários. Caso essa hipótese seja comprovada, as variáveis são cointegradas. A Tabela 2 confirma a cointegração entre as variáveis, porque os testes de raiz unitária para o resíduo da equação 2 ( $Resíd1$ ) mostraram a ausência de raízes, sendo a série estacionária. Isso pode ser constatado pelo fato de o  $p$ -valor da série ser menor do que 5%, indicando a rejeição da hipótese nula de não estacionaridade.

Tabela 2

Resultados do Teste de Raiz Unitária para os resíduos da equação de regressão referentes à indústria brasileira — 2001-12

VARIÁVEL E MODALIDADE DO TESTE	DEFASAGENS (1)	ADF (2)	$p$ -valor
$Resíd1$ sem constante .....	7	-3,14	0,00
$Resíd1$ com constante .....	7	-3,12	0,02
$Resíd1$ com constante e tendência .....	7	-3,57	0,07

FONTE DOS DADOS BRUTOS: IBGE (2012).  
IPEA (2012).

(1) Número de defasagens automaticamente calculado pelo software econométrico Gretl. (2) Teste Dickey Fuller Aumentado.

Entretanto o Teste de Dois Estágios de Engle-Granger sofre de algumas limitações. Os testes de raízes unitárias e de cointegração possuem baixo poder, o que produz incerteza quanto aos resultados. Conforme Verbeek (2008), o Teste de Dois Estágios de Engle-Granger apresenta baixo poder, não explorando efetivamente todas as informações relevantes da interação dinâmica entre as variáveis. Além disso, os testes de raízes unitárias são conduzidos com especificações distintas, podendo produzir resultados conflitantes.

Com o fim de sanar essas limitações, empregou-se o Teste da Regressão de Cointegração de Durbin Watson (RCDW, em inglês, CRDW Test). Utilizando-se os valores críticos (5% de significância) constantes em Verbeek (2008, p. 330), observa-se que o valor da estatística de Durbin Watson (0,47) na equação de regressão de longo prazo (equação 2) é superior ao valor crítico (0,38), indicando que as séries são cointegradas. Além disso, o Teste de Não Causalidade de Granger, constante na Tabela A.1 do **Apêndice**, confirma que a produção antecede, temporalmente, a produtividade, e não vice-versa.

Sendo assim, o próximo passo foi estimar o modelo de correção de erros. Escolheu-se um modelo de defasagens distribuídas autorregressivo linear, com duas defasagens, utilizando-se, para isso, o critério de Ackaike e Schwarz para a escolha do número de defasagens do modelo, tendo sido escolhido o modelo que apresentou o menor valor para os critérios supracitados. A seguir, foi estimada a equação representativa da dinâmica de curto prazo através do MCE.

$$\Delta(lprd)_t = 0,76 + 0,43D + 0,81\Delta(lpf)_t - 0,27D*\Delta(lpf)_t - 0,22lpf_{t-1} - 0,38(lprd - lpf)_{t-1} - 0,21D*(lprd - lpf)_{t-1} + 0,36D*(lprd - lpf)_{t-2} \quad (3)$$

A equação 3, representativa da Lei de Kaldor-Verdoorn, apresenta um relativamente elevado poder de explicação<sup>1</sup> ( $R^2 = 0,71$ ). O fato de os coeficientes -0,38 e 0,36 serem significativos a 5%, uma medida conservadora, reforça a cointegração entre as variáveis (para maiores detalhes, ver **Apêndice**). Além disso, os resultados para o Teste F e os valores encontrados para o critério de Schwarz confirmaram o ajuste do modelo.

Conforme mostrado na equação 3, o efeito de curto prazo da variação da produção sobre a produtividade foi de 0,81 para o período anterior à crise do *subprime* (meados de 2008). Essa é uma medida da elasticidade produtividade-produção de curto prazo. Nesse sentido, o aumento em 1% na taxa de crescimento da produção industrial engendra um aumento de 0,81% da produtividade do trabalho industrial. O fato de a elasticidade produtividade-produção ser menor que um indica um poder limitado para incorporar ganhos de produtividade, sendo uma característica de setores com uma estrutura medianamente bem con-

<sup>1</sup> Um modelo alternativo foi testado, incorporando as exportações industriais e sua produção como variáveis explicativas. Tendo em vista que os resultados não apresentaram nenhum ganho de robustez, optou-se por manter a estimação na forma originalmente sugerida por Kaldor (1966).

figurada, mas com dificuldades na incorporação de ganhos de produtividade.

Ademais, observa-se que há uma redução dessa elasticidade para o período posterior a 2008. Essa passa de 0,81 para apenas 0,44, indicando que, para o período posterior à crise, o aumento em 1% na taxa de crescimento da produção industrial gera um aumento de 0,44% da produtividade do trabalho industrial.

Outro ponto importante, a partir da análise da equação 3, é que 38% do desequilíbrio provocado no período  $t - 1$  desaparecem no período  $t$ . Isso indica que, em um período, o sistema recompõe 38% do desequilíbrio, mostrando que o setor industrial reage rapidamente aos desequilíbrios de curto prazo. Depois de 2008, a recomposição do equilíbrio tornou-se mais rápida, passando para 0,59%. Além disso, verifica-se que, após 2008, quando os desvios de equilíbrio de longo prazo no período  $t - 2$  ultrapassaram o desvio do período  $t - 1$ , ocorreu o aumento da produtividade. Da mesma forma, se o desvio do período  $t - 1$  for maior que o do período  $t - 2$ , provocará a redução da produtividade. Essa, conforme Marinho e Nogueira (1998), é uma medida da elasticidade produtividade-produção de longo prazo.

**Apesar dos resultados positivos, a estimação tem um grau de ajuste aos dados modesto. Tendo em vista essa limitação, deve-se comparar os resultados da estimação da relação de KV encontrados com os do período anterior (1985-2001).**

Nesse sentido, estimou-se a Lei de KV para o período 1985-2001 utilizando um procedimento similar ao adotado anteriormente. Ao invés de serem usadas horas trabalhadas para computar a produtividade, empregou-se o pessoal ocupado, devido à disponibilidade de dados. Ademais, contrariamente aos resultados do período 2001-12, encontrou-se bicausalidade entre as variáveis. Os resultados abaixo exibem as estimações do modelo de correção de erros para a forma originalmente desenvolvida por Kaldor (para maiores detalhes sobre os testes, ver Quadro A.1 do Apêndice e Morrone (2006)).

$$\begin{aligned} \Delta(lprd)_t = & -0,03 + 0,006 * D + 0,96 \Delta(lpf)_t \\ & - 0,27 D * \Delta(lpf)_t - 0,22 lpf_{t-1} - 0,65 (lprd - lpf)_{t-1} \\ & + 0,039 D * (lprd - lpf)_{t-1} - 0,69 (lprd - lpf)_{t-2} \end{aligned} \quad (4)$$

Constata-se que a equação 4, representativa da Lei de Kaldor-Verdoorn (de 1985 a 2001), apresenta elevado poder de ajuste, com um coeficiente de explicação ( $R^2$ ) de 0,98. Além disso, tanto os

resultados para o Teste F como os valores negativos encontrados para o critério de Akaike confirmaram o elevado ajuste do modelo. Conforme mostrado na equação 4, o efeito de curto prazo da variação da produção sobre a produtividade foi de 0,96. Nesse sentido, o aumento em 1% na taxa de crescimento da produção industrial engendra um aumento de 0,96% da produtividade do trabalho industrial.

Comparando-se os resultados encontrados para o Modelo de Correção de Erros das duas amostras (1985-2001 e 2001-12), conclui-se que a elasticidade de curto prazo para a indústria como um todo é menor para o período posterior a 2001. Especificamente, o efeito de curto prazo da variação da produção de 1985-2001 foi estimado em 0,97, um valor superior ao encontrado (0,81). Esse fato é um indicativo de que a indústria brasileira vem sendo afetada negativamente, perdendo sua capacidade como potencializadora do crescimento. Fatores como, por exemplo, o câmbio valorizado de 2004 a meados de 2011 podem explicar a queda do papel da indústria como potencializadora do crescimento econômico.

Também se observa que a Lei de Kaldor-Verdoorn apresenta menor ajuste aos dados após 2001. Ou seja, os resultados obtidos para o período pós 2001 são menos robustos. Isso indica que a demanda industrial apresenta um menor poder explicativo para desvendar as mudanças da produtividade industrial ao longo do tempo. Essa perda de poder explanatório pode indicar que outros fatores têm importância na explicação dos movimentos da produtividade. O fato de o ajuste da Lei de Kaldor-Verdoorn ser reduzido em um período de rápido crescimento econômico indica que a Lei tem um alto poder de ajuste apenas em períodos pautados por estagnação econômica, tese originalmente defendida por Vaciago (1975).

Vaciago (1975) argumenta que a equação de Kaldor-Verdoorn apresenta um elevado ajuste apenas para países com baixo crescimento. Esse argumento ganha força, quando se observa que, nas décadas de 80 e 90 do século XX, a economia brasileira apresentou taxas de crescimento modestas. Segundo o autor, em países de crescimento acelerado, fatores como as difusões de tecnologia ganham importância na explicação das variações na produtividade.

Outra comparação que pode ser feita é com o trabalho de Wells e Thirlwall (2003). Esses autores encontraram um Coeficiente de Verdoorn de 0,878

**para o conjunto dos países africanos no período 1980-96, indicativo de economias de escala no setor industrial. Nota-se que os resultados aqui achados para a economia brasileira referentes ao segundo período (2001-12) estão abaixo dos obtidos para a África. Isso indica que a indústria brasileira possui reduzido dinamismo.**

Ademais, verificou-se que a hipótese de ocorrência de economias de escala estáticas e dinâmicas no setor industrial brasileiro foi confirmada, sendo os impactos de curto prazo da produção sobre a produtividade industriais positivos. O processo de crescimento da produtividade industrial no País deveu-se, pelo menos em parte, às economias de escalas dinâmicas oriundas de fatores macroeconômicos, conforme estabelecido por Kaldor. Fatores como a especialização da produção entre setores complementares, bem como os ganhos de aprendizado dos trabalhadores (*learning by doing*), atuaram como impulsionadores do crescimento da produtividade industrial brasileira. Desse modo, pode-se considerar que, para o período de análise, existe um componente endógeno no progresso técnico. Assim, para que a produtividade industrial cresça de modo sustentável, são necessárias tanto medidas que contemplem o aumento da demanda industrial (interna e externa) como políticas que atuem no sentido de estimular a absorção de tecnologia.

Os resultados, portanto, indicam um grau de dinamismo mediano para a indústria brasileira no período. A capacidade limitada do setor para incorporar ganhos de produtividade deve servir como um alerta para que políticas governamentais sejam adotadas com o fim de sanar esse problema. É nessa direção que o Governo brasileiro tem orientado suas ações, indicando que o mesmo está agindo na direção certa. Caso Kaldor esteja certo quanto ao papel da indústria como propulsora do crescimento, o Governo deve continuar seus esforços para incentivar o setor industrial, para potencializar o crescimento econômico com geração de emprego e inclusão social.

## 4 Conclusões

O objetivo deste trabalho é testar a relação empírica entre as variáveis produtividade e produção, conhecida na literatura como Lei de Kaldor-Verdoorn, na economia brasileira. O período escolhido para esse estudo caracteriza-se por ter sido uma fase de transição,

onde ocorreram profundas modificações na estrutura produtiva do País.

Considerando-se os resultados encontrados para a indústria brasileira, pode-se concluir que o setor apresentou economias de escala estáticas e dinâmicas, sendo a Lei de Kaldor-Verdoorn válida para o todo o período analisado. Fatores como a especialização da produção em setores complementares, bem como os ganhos de aprendizado dos trabalhadores, atuaram como impulsionadores do crescimento da produtividade industrial brasileira. Os efeitos de curto prazo do crescimento da produção industrial têm sido incorporados de forma limitada pelos ganhos de produtividade. Isso demonstra que o setor tem apresentado certa dificuldade na incorporação dos ganhos de produtividade, tendo exposto uma queda de dinamismo no período analisado. Adicionalmente, a elasticidade produtividade-produção de longo prazo também exibe um valor modesto, sendo um indicativo de que o setor ainda apresenta relativo dinamismo.

**A indústria brasileira ainda não atingiu um grau de dinamismo suficiente para competir com a dos países desenvolvidos. Para que tal objetivo seja alcançado, são necessárias medidas de incentivo à demanda industrial. Assim, medidas que estimulem as demandas industriais doméstica e externa, através das economias de escala dinâmicas, garantirão o crescimento sustentável da produtividade industrial, aumentando a competitividade do setor frente aos seus concorrentes externos.**

Apesar dos resultados positivos, o estudo apresenta algumas limitações. Primeiro, os dados da Pesquisa Industrial Mensal abrangem somente as médias e grandes empresas. Além disso, a série foi revisada em meados de 2001, gerando a descontinuidade da série pela fonte. Por fim, o modelo emprega dados agregados, o que impede a extensão dos resultados para os subsetores da indústria e para as regiões do País.

Assim, sugere-se, para estudos posteriores, a estimação da Lei de Kaldor-Verdoorn para os estados e regiões do Brasil, a fim de verificar a possível convergência da produtividade industrial. Seria interessante também a incorporação de novas variáveis explicativas no modelo de Kaldor, dessa forma, agregando as contribuições de outras teorias explicativas do processo de crescimento da produtividade, como, por exemplo, as teorias do Caching-up e da Geografia Econômica.



## Apêndice

Quadro A.1

Regressão de longo prazo, pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO), usando as observações 2001:01-2012:06

VARIÁVEIS	COEFICIENTES	ERRO PADRÃO	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>
<i>const</i>	2,55635	0,0985909	25,9289	1,73 e -054
<i>lpf</i>	0,4462	0,0208	21,4519	1,76 e -045
Média da variável dependente	4,668818	D.P. da variável dependente		0,048655
Soma dos resíduos quadrados	0,038787	E.P. da regressão		0,016888
<i>R-quadrado</i>	0,880406	<i>R-quadrado ajustado</i>		0,879527
<i>F(1, 136)</i>	460,1829	<i>P-valor(F)</i>		1,76e-45
Critério de Schwarz	-726,9347	Critério Hannan-Quinn		-730,4101
<i>rô</i>	0,765357	Durbin-Watson		0,472755

FONTES DOS DADOS BRUTOS: IBGE (2012).  
IPEA (2012).

NOTA: 1. T = 138.  
2. Variável dependente: *lprd*.

Quadro A.2

Teste de Chow para quebra estrutural

<p>Teste de Chow para a falha estrutural na observação 2008:1 Qui-quadrado(2) = 13,3304 com <i>p-valor</i> de 0,0013 Forma-F: F = 6,66521 com <i>p-valor</i> de 0,0017</p>
--

FONTES DOS DADOS BRUTOS: IBGE (2012).  
IPEA (2012).  
Software Eviews.  
Software Gretl.

Tabela A.1

Resultados do Teste de Não Causalidade de Granger para variáveis do estudo

VARIÁVEIS NA HIPÓTESE NULA	F-TESTE	PROBABILIDADE
<i>lpf</i> does not Granger Cause <i>lprd</i> .....	2,05329	0,04598
<i>lprd</i> does not Granger Cause <i>lpf</i> .....	1,53773	0,15154

FONTES DOS DADOS BRUTOS: IBGE (2012).  
IPEA (2012).  
Software Eviews.  
Software Gretl.

Quadro A.3

Modelo de Correção de Erros, pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO),  
usando as observações 2001:03-2012:06

VARIÁVEIS	COEFICIENTES	ERRO PADRÃO	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>
<i>const</i>	0,76658	0,163069	4,7009	<0,00001
<i>D</i>	0,433654	0,0955843	4,5369	0,00001
<i>d_l_pf</i>	0,810731	0,0532991	15,2110	<0,00001
<i>D*d_l_pf</i>	-0,272427	0,0605618	-4,4983	0,00002
<i>lprd_1-lpf_1</i>	-0,385677	0,0834719	-4,6204	<0,00001
<i>lprd_2-lpf_2</i>	-0,0431348	0,1123	-0,3841	0,70156
<i>D*(lprd_1-lpf_1)</i>	-0,210759	0,116518	-1,8088	0,07290
<i>D*(lprd_2-lpf_2)</i>	0,359759	0,146266	2,4596	0,01529
<i>D*l_pf_1</i>	-0,00770399	0,0701881	-0,1098	0,91278
<i>D*l_pf_2</i>	-0,0822309	0,0746925	-1,1009	0,27306
<i>l_pf_1</i>	-0,219693	0,0507585	-4,3282	0,00003
<i>l_pf_2</i>	0,053844	0,0605556	0,8892	0,37564
Média da variável dependente	0,000645	D.P. da variável dependente		0,016498
Soma dos resíduos quadrados	0,010585	E.P. da regressão		0,009239
<i>R-quadrado</i>	0,711910	<i>R-quadrado ajustado</i>		0,686354
<i>F(11, 124)</i>	86,67547	<i>P-valor(F)</i>		9,56 e -53
Logaritmo da verossimilhança	450,3690	Critério de Akaike		-876,7381
Critério de Schwarz	-841,7862	Critério Hannan-Quinn		-862,5345
<i>rô</i>	-0,001762	Durbin-Watson		1,979833

FONTE DOS DADOS BRUTOS: IBGE (2012).  
IPEA (2012).  
Software Gretl.

NOTA: 1. T = 136.  
2. Variável dependente: *d\_l\_prd*.

Quadro A.4

Modelo de Correção de Erros, pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO),  
usando as observações 1985:01-2001:04

VARIÁVEIS	COEFICIENTE	ERRO PADRÃO	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>
<i>const</i>	-0,003585	0,001428	-2,510214	0,0129
<i>Dummy</i>	0,005881	0,001752	3,356759	0,0010
<i>d_l_pf</i>	0,965045	0,008377	115,2078	<0,00001
<i>lprd_1-lpf_1</i>	0,649615	0,051865	12,52505	<0,00001
<i>lprd_2-lpf_2</i>	-0,691680	0,048516	-14,25682	0,0000
<i>D*(lprd_1-lpf_1)</i>	0,039063	0,015593	2,505217	0,0131
Média da variável dependente	0,002420	D.P. da variável dependente		0,046973
Soma dos resíduos quadrados	0,005884	E.P. da regressão		0,005594
<i>R-quadrado</i>	0,986183	<i>R-quadrado ajustado</i>		0,985815
Estatística F	2683,650	<i>P-valor(F)</i>		0,000000
Logaritmo da verossimilhança	733,8551	Critério de Akaike		-7,503661
Critério de Schwarz	-7,402593	Durbin-Watson		2,064334

FONTE DOS DADOS BRUTOS: IBGE (2012).  
IPEA (2012).  
Software Gretl.

NOTA: 1. T = 194.  
2. Variável dependente: *d\_l\_prd*.

## Referências

- BAIRAM, E. The Verdoorn law, returns to scale and industrial growth: a review of the literature. **Australian Economic Papers**, Sidnei, v. 26, n. 48, p. 20-44, 1987.
- BIANCHI, C. **A reappraisal of Verdoorn's Law for the Italian Economy: 1951-1997**. Pavia: Università Degli Studi di Pavia, 2001. (Quaderni di Dipartimento).
- CHATTERJI, M.; WICKENS, M. R. Verdoorn's Law and Kaldor's Law: a revisionist interpretation? **Journal of Post Keynesian Economics**, v. 5, n. 3, 1983.
- FEIJÓ, C.; CARVALHO, P. Uma interpretação sobre a evolução da produtividade industrial no Brasil nos anos 90 e as "Leis de Kaldor". **Revista Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 12, n. 2, p. 57-78, 2002.
- GUIMARÃES, P. W. **A Lei Kaldor-Verdoorn na economia brasileira**. 2002. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências) — Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- HARRIS, R. I.; LAU, E. Verdoorn's Law and increasing returns to scale in the UK regions, 1968-91: some new estimates based on cointegration approach. **Oxford Economic Papers**, Oxford, v. 50, n. 2, p. 201-219, 1998.
- HILDRETH, A. The ambiguity of Verdoorn's Law: a case study of the British regions. **Journal of Post Keynesian Economics**, v. 11, n. 2, p. 279-294, 1989.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Banco de dados**. 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2012.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Ipeadata: Banco de dados**. 2012. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2012.
- KALDOR, N. **Causes of the slow rate of economic growth in the United Kingdom: an inaugural lecture**. Cambridge: Cambridge University, 1966.
- KALDOR, N. Economic growth and the Verdoorn Law. A comment on Mr. Rowthorn's article. **Economic Journal**, Cambridge, v. 85, p. 891-896, 1975.
- LEON-LEDESMA, M. **Economic growth and Verdoorn's Law in the spanish regions, 1962-1991**. Kent: University of Kent, 1998.
- MAMGAIN, V. Are the Kaldor-Verdoorn Laws applicable in the newly industrializing countries? **Review of Development Economics**, Oxford, v. 3, n. 3, p. 295-309, 1999.
- MARINHO, E. L. L.; NOGUEIRA, C. A. G. Evidências da Lei de Kaldor-Verdoorn para a indústria de transformação do Brasil (1985-1997). **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 56, n. 3, 1998.
- MARTINHO, V. J. P. Análise da Lei de Verdoorn nas regiões e sectores portugueses. **Revista do ISPV**, n. 31, p. 222-251, 2005.
- MORRONE, H. **A Lei de Kaldor-Verdoorn no Brasil: uma análise dos setores industrial e agropecuário**. 2006. 122f. Dissertação (Mestrado em Economia do Desenvolvimento) — Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- OLIVEIRA, F. H. P. **Crescimento econômico, retornos crescentes de escala e difusão tecnológica: o caso brasileiro**. Belo Horizonte: CEDEPLAR-UFMG, 2002.
- STAFFORD, B. Deindustrialization in advanced economies. **Cambridge Journal of Economics**, Cambridge, v. 13, n. 4, p. 541-554, 1989.
- THIRLWALL, A. P. A plain man's guide to Kaldor's Growth Laws. **Journal of Post Keynesian Economics**, New York, v. 5, n. 3, p. 345-358, 1983.
- VACIAGO, G. Increasing returns and growth in advanced economies: a re-evaluation. **Oxford Economic Papers**, Oxford, v. 27, n. 2, p. 232-239, 1975.
- VERBEEK, M. **A guide to modern econometrics**. Chichester: John Wiley & Sons, 2008.
- VERDOORN, J. P. Verdoorn's Law in retrospect: a comment. **The Economic Journal**, London, v. 90, n. 358, p. 382-385, 1980.
- WELLS, H.; THIRLWALL, A. P. Testing Kaldor's Growth Laws across the countries of Africa. **African development review**, [S. l.], v. 15, n. 2-3, p. 89-105, 2003.
- YOUNG, A. Increasing returns and economic progress. **The Economic Journal**, London, v. 38, n. 152, p. 527-542, 1928.

