



Munich Personal RePEc Archive

**Changes in labour productivity from an
evolutionary perspective: applying
Price's equation to manufacturing
industry in Brazil between 2007 and 2011**

Luna, Ivette and de Souza Luz, Manuel Ramón and
Hiratuka, Celio and Fracalanza, Paulo Sérgio

Universidade Estadual de Campinas, Universidade de São Paulo

2015

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/78198/>
MPRA Paper No. 78198, posted 22 Nov 2019 11:42 UTC

Variação da produtividade do trabalho numa perspectiva evolucionária: aplicação da equação de Price para análise da indústria de transformação no Brasil entre 2007 e 2011

*Ivette Luna**

*Manuel Ramón de Souza Luz***

*Célio Hiratuka****

*Paulo Sérgio Fracalanza*****

Recebido: 24/05/2014 Versão Revisada (entregue): 04/12/2014 Aprovado: 12/12/2014

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a equação de Price e sua aplicação para a economia brasileira, tendo como embasamento teórico a abordagem neo-schumpeteriana da concorrência, dinâmica e inovação, assim como a concepção do darwinismo generalizado. Um modelo inspirado na equação de Price é utilizado para decompor a variação da produtividade do trabalho na indústria de transformação brasileira, bem como nos setores que a compõem, considerando as classes da Classificação Nacional de Atividade Econômica (CNAE) para o período de 2007 a 2011. A decomposição da variação da produtividade do trabalho, neste estudo pioneiro no Brasil, permitirá observar, de maneira desagregada, os efeitos de seleção e inovação no curto prazo sobre a variação da produtividade.

* Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas (SP), Brasil. E-mail: iluna@unicamp.br.

** Universidade de São Paulo (USP). Atualmente professor da Universidade Federal do ABC (UFABC), São Bernardo do Campo (SP), Brasil. E-mail: manuelramon06@gmail.com.

*** Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas (SP), Brasil. E-mail: celiohiratuka@gmail.com.

**** Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas (SP), Brasil. E-mail: fracalan@eco.unicamp.br.

PALAVRAS-CHAVE | Produtividade do Trabalho; Economia Evolucionária; Equação de Price; Darwinismo Generalizado; Análise Estatística

CÓDIGO JEL | O.

Changes in labour productivity from an evolutionary perspective: applying Price's equation to manufacturing industry in Brazil between 2007 and 2011

ABSTRACT

This paper aims to present the Price Equation and its application to the Brazilian economy, with theoretical grounding in neo-Schumpeterian approach to competition, innovation and dynamics, as well as the Generalized Darwinism perspective. A model inspired in Price Equation is used to decompose the variation in labor productivity of Brazilian manufacturing industry as well as in its sectors, considering the classes of the Classificação Nacional de Atividade Econômica (CNAE) for the period extending from 2007 to 2011. The decomposition of the change in labor productivity in this pioneering study in Brazil will shed light on the effects of selection and innovation in the short run in a disaggregated way.

KEYWORDS | Labor Productivity; Evolutionary Economics; Price Equation; Generalized Darwinism; Statistical Analysis

JEL CODE | O.

1. Introdução

A produtividade pode ser definida como a quantidade de bens e serviços produzida por uma unidade econômica em relação ao volume de recursos ou insumos usado em sua produção. Nesse sentido, ela é uma medida da eficiência pela qual os insumos, tais como trabalho, máquinas e energia, são utilizados para produzir bens e serviços. Justamente pelo fato de a produtividade estar ligada ao crescimento econômico, ao progresso material e ao aumento dos padrões de vida da população, a compreensão das suas transformações é um tema relevante para as ciências econômicas, já aparecendo como uma questão importante nos trabalhos dos economistas clássicos.

Nas últimas décadas, o estudo da evolução da produtividade tem suscitado intensos debates no campo da análise econômica, envolvendo tanto a definição dos aspectos teóricos associados às causas do crescimento da produtividade e sua relação com o progresso técnico, quanto questões centradas nas metodologias empregadas para sua mensuração.

Embora na última década tenha ocorrido uma profusão de trabalhos acerca da evolução da produtividade, a realização de estudos empíricos que contemplem simultaneamente os aspectos teóricos e estatísticos é limitada. Tal restrição torna-se ainda mais pronunciada quando se trata de estudos voltados aos setores industriais brasileiros que partam de uma abordagem evolucionária passível de ser entendida a partir de uma ótica neo-schumpeteriana.¹

Desde o estudo seminal de Nelson e Winter (1982), diversos autores da abordagem neo-schumpeteriana têm procurado conciliar de maneira rigorosa, para o estudo dos processos evolucionários em economia, um conjunto de importantes *insights* e formulações teóricas, incorporando variadas formas de formalização e instrumentais quantitativos (SAFARZYNSKA; VAN DEN BERGH, 2010).

Ao mesmo tempo, desde a publicação de Hodgson (2002), teve início uma discussão no campo teórico sobre a possibilidade de generalização dos princípios darwinianos de variação, herança e seleção para compreender os processos socioeconômicos. Assim, a associação destas duas perspectivas evolucionárias acabou por estimular, nos últimos anos, esforços no sentido de uma transposição, para o campo da análise econômica, de ferramentas estatísticas desenvolvidas originalmente no campo biológico. Se os neo-schumpeterianos defendem a importância do recurso

1 A diversidade comportamental entre os agentes na busca por inovação, a seleção de empresas, estratégias e/ou tecnologias a partir de uma dinâmica baseada na competição e na mudança contínua e a seleção destas inovações no ambiente econômico são os eixos teóricos que regem a abordagem evolucionária neo-schumpeteriana (POSSAS et al., 2001).

a instrumentais e formalizações que possibilitem a compreensão do caráter evolucionário dos processos econômicos, o “darwinismo generalizado” de Hodgson fornece os fundamentos ontológicos para um balizamento rigoroso de perspectivas evolucionárias na tradição do pensamento darwiniano.

É neste contexto que se deve compreender a ainda incipiente utilização da equação de Price como instrumental estatístico aplicável aos estudos empíricos sobre a decomposição da produtividade a partir de um enfoque evolucionário. Apesar de George Robert Price ter elaborado a equação que recebeu seu nome nos anos 1970, foi somente na década passada que ela passou a ser utilizada pelos economistas. A equação de Price pode ser interpretada a partir da chave evolucionária anteriormente explicitada, ou seja, como representante legítima de uma perspectiva absolutamente darwiniana e como um instrumento que fornece ao pesquisador resultados empíricos claros acerca da evolução da produtividade.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a equação de Price e sua aplicação pioneira no estudo sobre a evolução da produtividade, buscando chamar a atenção do economista brasileiro interessado no uso de um ferramental analítico evolucionário assim como em seus resultados.

Com vistas a este fim, o artigo está dividido em cinco partes, contando com esta breve introdução. Assim, a seguir é mostrada, além da dedução estatística da equação de Price, sua interpretação a partir dos fundamentos filosóficos da proposta de generalização darwiniana de Hodgson (2002). Na sequência, procura-se descrever como a equação de Price pode ser utilizada para compreender a evolução da produtividade e é realizada a aplicação empírica, com a decomposição e análise do desempenho da produtividade do trabalho, numa perspectiva setorial, na indústria de transformação no Brasil entre 2007 e 2011. Finalmente, apresentam-se as considerações finais e uma proposta de agenda para novas frentes de pesquisa.

2. A equação de Price e a generalização darwiniana

2.1. Uma introdução acerca da generalização dos princípios darwinianos

A relação entre ciências econômicas e ciências biológicas é de longa data. Se, por um lado, o pai da biologia moderna, Charles Darwin, deixou claro que só foi possível chegar à ideia de seleção natural após ter lido *An essay on the principle of population* (1798), de Malthus, por outro, sabemos que a própria economia recorrentemente buscou estabelecer conexões com os estudos do campo biológico. Neoclássicos,

institucionalistas, austríacos e schumpeterianos, para citar algumas das diversas correntes, buscaram, em diversos momentos da história do pensamento econômico, acessar conceitos provenientes das ciências da vida para melhor compreender o mundo socioeconômico.²

Contudo, apesar de certa recorrência de argumentos provenientes das ciências biológicas, o pensamento econômico raramente procurou entender de maneira sistematizada a relação entre o campo biológico e o socioeconômico. Nesse aspecto, os estudos do institucionalismo original (OIE), em especial os trabalhos do economista norte-americano Thorstein Bunde Veblen (1857-1929), podem ser considerados pioneiros na tentativa de construir uma visão sistematizada. Assim, ao contrário de referências pontuais acerca da similaridade entre alguns fenômenos socioeconômicos e biológicos, Veblen entendia existir uma correspondência de natureza ontológica entre os dois campos. Nesse sentido, apesar de nunca ter conseguido formular de maneira clara um método específico, o autor afirmou com veemência que a economia deveria tornar-se uma ciência pós-darwiniana, uma vez que, assim como as ciências da vida, seu objeto de estudo consistia em populações que se transformavam de maneira não teleológica no tempo.

A despeito do apelo vebleniano, a proposta de uma virada darwiniana nas ciências econômicas não foi levada à frente pela economia do século XX. O *mainstream* econômico dos dias atuais, aos moldes da física atomista do século XVIII, ainda pode ser caracterizado pela adesão ao método reducionista e mecanicista da ciência moderna (PRADO, 2006, 2010).³ Assim, se, por um lado, a economia continuava a pensar num mundo estático e ideal, por outro, a biologia viu, depois de um breve eclipse entre o fim do século XIX e início do XX, a perspectiva darwiniana tornar-

2 A história do pensamento econômico é abundante em exemplos desta inspiração. O mais conhecido talvez seja aquele desenvolvido por um dos pais da economia neoclássica, Alfred Marshall (1842-1924), que, apesar de ter sintetizado a ideia de substituição na margem na teoria da firma, é também reconhecido por ter introduzido nos *Princípios* (1890) uma interpretação populacional para compreender as conformações industriais (HODGSON, 1993; FOSS, 1998). Mais de meio século mais tarde, no centro do debate daquilo que ficou conhecido como a “controvérsia marginalista”, o argumento de seleção natural passou a ser evocado por figuras como Alchian (1950), Enke (1951) e Friedman (1953) para referir-se ao comportamento das empresas. Friedman, buscando justificar a visão de que as firmas, mesmo não realizando cálculos complexos, seriam unidades maximizadoras, assinalava que o comportamento destas seria resultado de um processo de seleção de mercado que necessariamente selecionaria agentes que agiriam “como se” (*as if*) maximizassem. No campo da escola austríaca, é útil rememorar o conceito de ordem espontânea de Friedrich Hayek (1899-1992), que entendia existir um processo de seleção de regras que determinava a evolução dos grupos sociais, com as relações de mercado como o *Telos* desta evolução (HAYEK, 1955). Finalmente, já na década de 1980, Nelson e Winter publicaram o agora clássico *Uma teoria evolucionária da mudança econômica* (1982), livro extremamente influente da corrente neo-schumpeteriana e que associou de maneira análoga os processos internos das firmas (rotinas) a certos conceitos biológicos, a exemplo das ideias de replicação e de unidade de seleção (gene).

3 Em seu manifesto de 1898, *Why economics is not an evolutionary science*, Veblen já apontava para limites da teoria neoclássica ao enfatizar que os métodos baseados nas ciências físicas, fundamentados numa visão tipológica do mundo, seriam inadequados para compreender a complexidade do mundo social.

-se paradigmática.⁴ Tal sucesso foi resultado da combinação do conceito de seleção natural, como mecanismo de transformação filogenética, e de gene, como unidade de seleção fundamental, formando, durante a década de 1930, aquilo que ficou conhecido como *teoria sintética da evolução*, ou o *neodarwinismo*. O quadro analítico que alimentou toda a biologia evolucionária do século XX estava estabelecido: a aleatoriedade das mutações genéticas era o combustível de um processo de transformação que estaria submetido à interação com o ambiente, ou seja, à *seleção natural*.

Ora, o darwinismo da época de Veblen não era o mesmo que encerrou o século passado, pois, se entre o fim do século XIX e início do XX a seleção natural de Darwin era uma alternativa posta em debate, nos dias de hoje, sem dúvida, deve ser considerada um paradigma perfeitamente bem estabelecido.

Assim, uma pergunta inevitável emerge: quais seriam os resultados de uma revitalização do chamado pós-darwiniano de Veblen dentro das ciências econômicas na atualidade? É exatamente este o conteúdo da proposta de generalização darwiniana realizada por Geoffrey Hodgson e Thorbjørn Knudsen.

Diferentemente de Veblen, em seus diversos trabalhos Hodgson e Knudsen apresentam uma proposta de sistematização de um método que permite a generalização dos princípios darwinianos para compreender os fenômenos econômicos.⁵ Esta proposta aponta para uma ontologia, ou seja, reconhece existir uma similitude entre os processos biológicos e socioeconômicos que vai para além do campo de uma comparação analógica. Assim, Hodgson (2002, 2007) e Hodgson e Knudsen (2006, 2010) enfatizam que os processos naturais e os socioeconômicos compartilham de uma natureza comum: ambos compreendem fenômenos populacionais complexos. Para eles, a analogia biológica, apesar de revelar certa associação entre os processos biológicos e sociais, não avança sobre qual seria a natureza da relação, podendo gerar, em alguns casos, camisas de forças conceituais que impossibilitariam a constituição de um programa de pesquisa bem definido. Nesse aspecto, os autores estabelecem de maneira clara, e esta é a grande novidade de seu trabalho, o campo de aplicação e os princípios que sistematizam a análise darwiniana.

O darwinismo generalizado não é uma teoria que se pretenda universal e, nesse sentido, aplicável a quaisquer fenômenos. Segundo Hodgson e Knudsen (2006, 2010), essa teorização só possui validade se aplicada à análise daquilo que

4 Sobre a história do pensamento darwiniano dentro da história da ciência ocidental, ver Buican (2008) e Bowler (2003).

5 As raízes da proposta de generalização podem ser encontradas em trabalhos anteriores, como Campbell (1965) e Dawkins (1983). Contudo, foi a partir de Hodgson (2002) que a proposta foi direcionada para as ciências econômicas.

denominamos de sistemas populacionais complexos,⁶ que envolvem a ocorrência de processos no contexto de uma dinâmica populacional específica. Nesse sentido, suas populações apresentam certas características organizacionais fundamentais, tais como: seus elementos devem ser extinguíveis e capazes de absorver energia de seu ambiente para conseguir sobreviver, ou diminuir sua degradação; seus elementos devem ser capazes de processar informações do ambiente; seus elementos devem ser capazes de gerar soluções aos problemas de adaptação, buscando evitar sua degradação; e seus elementos devem ser capazes de repassar estas soluções adaptativas a outros elementos dentro da população.

Como se nota, esta definição de sistemas populacionais complexos é bastante ampla, contemplando uma variedade de conformações que estão para além das populações estudadas pelas ciências biológicas. Estes sistemas, como Hodgson e Knudsen (2006, p. 4-5) assinalam:

Include every biological species, from amoebas to humans. They would include self-replicating automata, of the type discussed by [John] Von Neumann (1996). In addition, and importantly for the social scientists, they include human institutions, as long as institutions may be regarded as cohesive entities having some capacity for the retention and replication of problem solutions. Such institutions would include business firms.

O conceito de sistemas populacionais complexos permite especificar o objeto que a abordagem darwiniana procura compreender. Segundo Hodgson (2002, 2007) e Hodgson e Knudsen (2006, 2010), para compreender os fenômenos dos sistemas populacionais complexos, é necessário que se faça uso dos conceitos de variação, seleção e hereditariedade, uma vez que os processos inscritos nestes sistemas podem ser especificados completamente por meio da dinâmica produzida por estes três princípios.

O *princípio de variação* fundamenta a ideia de população, ou seja, estabelece que os elementos de uma população são entidades não idênticas e que existe um mecanismo criativo gerador de inovação inscrito nestes elementos que alimenta o processo seletivo. Nesse sentido, o *princípio de seleção* compreende o resultado da interação entre os elementos e o seu ambiente (tudo que é externo ao elemento). Contudo, seleção aqui não significa necessariamente um processo eliminatório global, ou seja, não se observa necessariamente, no final de um período específico, a redução

6 Vale assinalar que em seu artigo seminal de 2002, "Darwinism from analogy to ontology", Hodgson utilizava o termo darwinismo universal, uma referência explícita a Dawkins (1983). Foi a partir de Hodgson e Knudsen (2006) que os autores passaram a empregar o termo "darwinismo generalizado", buscando enfatizar o fato de que não se tratava de uma teoria de caráter universal como as leis da física, mas sim uma teoria aplicável a sistemas populacionais complexos.

do número de elementos dentro de uma população. Hodgson e Knudsen (2010, p. 98-104) esclarecem que a seleção aqui consiste num processo de *seleção sucessória* (*successor selection*), em que os elementos selecionados podem proliferar dentro de uma população, repassando assim suas soluções adaptativas, o que constituiria o *princípio de hereditariedade*.⁷

Portanto, os princípios de variação, seleção e hereditariedade estabelecem aquilo que o pesquisador deve olhar quando tem como objeto um sistema populacional complexo, ficando assim explícito o caráter amplo do darwinismo generalizado, uma vez que sua referência não é um campo do conhecimento restrito, biológico, mas sim aquilo que unifica um conjunto de fenômenos: a complexidade populacional.

Nesse sentido, Hodgson (2002) e Hodgson e Knudsen (2010) asseveram que o darwinismo generalizado seria uma metateoria, ou seja, um quadro analítico geral que exige um papel ativo do pesquisador para compreender os mecanismos específicos que regem os princípios da população sobre a qual se debruça. Assim, além de estabelecer uma identidade entre as dinâmicas dos sistemas populacionais, o darwinismo generalizado exige a elaboração de explicações no domínio específico das populações em análise.

Esta proposta de sistematização darwiniana de Hodgson e Knudsen suscitou um acirrado debate na heterodoxia econômica que se estende até os dias de hoje, algo que Stoelhorst (2008, p. 416) denominou de “*general methodological debate*”.⁸

7 A metáfora de Michod (1999, p. 61) com referência aos resultados dos processos darwinianos expressa bem a ideia de seleção sucessória: “It is as if, after selecting the inexpensive brands at the grocery store, I get home to find the expensive kind of toothpaste in my bag! It doesn't sound like every day selection, and it isn't, but natural selection often works this way when mechanisms of mating and heredity are taken into account.” Pode-se ainda adotar a definição de seleção de Price (1995, p. 392) como um conceito universal para a ideia de seleção sucessória: “Selection on a set P in relation to property χ is the act or process of producing a corresponding set P' in a way such that the amounts w'_i (or some function of them such as the ratios w'_i/w_i) are non-randomly related to the corresponding χ_i values.”

8 Por uma questão de espaço e de adequação aos nossos objetivos, não se discorrerá sobre os personagens e argumentos que compõem o debate. A discussão se concentra em artigos publicados no *Journal of Economic Issues*, *Journal of Economic Methodology* e o *Journal of Evolutionary Economics*, sendo que este último dedicou uma edição especial (v. 16, n. 5) às discussões sobre darwinismo generalizado. A título de introdução acerca do debate, duas críticas devem ser destacadas, ambas elaboradas por estudiosos ligados ao *Evolutionary Economics Group* do *Max Planck Institute of Economics*, liderado pelo Prof. Ulrich Witt. A primeira crítica, levada a cabo por Cordes (2006, 2007), aponta que o darwinismo generalizado seria uma analogia biológica travestida de metateoria. Fazendo eco aos argumentos de Penrose (1952) contra o uso de analogias biológicas, Cordes assinala que a ação intencional humana e a capacidade de deliberação seriam elementos que impediriam que os processos seletivos darwinianos funcionassem de maneira sistemática no mundo socioeconômico. Cordes (2006) utiliza como comprovação do seu argumento o fato de Nelson e Winter (1982) terem utilizado uma analogia não darwiniana, mas sim lamarckiana para tratar do conceito de rotina e introduzir a intencionalidade. Por outro lado, Witt (2004) e Levitt, Hossfeld e Witt (2010) assinalam que a relação causal entre os princípios de variação, seleção e hereditariedade teria sua origem na teoria sintética da evolução e não no caráter ontológico do pensamento de Darwin e, exatamente por isso, o darwinismo generalizado estaria longe de ser uma ontologia, mas sim, seria uma analogia biológica. Como resposta a estas críticas, destacam-se os trabalhos de Hodgson (2004), Aldrich et al. (2008) e Hodgson e Knudsen (2010). Os autores reafirmam a ideia do darwinismo generalizado como uma metateoria profícua, destacando o fato de que não existiria contradição alguma em assumir o comportamento intencional dentro de um esquema teórico darwiniano. Ao contrário, o comportamento intencional forneceria uma explanação complementar da forma em que a variação ocorreria no

Para além desta discussão fundamental, é importante assinalar que, ao esclarecer a natureza da relação entre os sistemas socioeconômicos e os sistemas biológicos, o Darwinismo Generalizado possibilitou um novo olhar dos economistas em relação ao ferramental analítico proveniente das ciências da vida. Nesse sentido, no bojo deste processo de desenvolvimento dos fundamentos darwinianos nas ideias econômicas, observou-se nos últimos anos a introdução de um instrumental estatístico inovador, a Equação de Price, que emergiu como um desdobramento, ou uma forma de aplicação do Darwinismo Generalizado dentro do campo da análise econômica.⁹

2.2 A equação de Price e a decomposição darwiniana

A contribuição do químico George Robert Price (1922-1975) para o pensamento evolucionário foi gigantesca. Apesar de sua curta carreira como teórico, entre o fim dos anos 1960 e início dos 1970, Price (1970, 1972, 1995) foi capaz de definir os fundamentos de uma teoria geral matemática da seleção, passível de ser aplicada aos mais diversos fenômenos. Para além da biologia, Price (1995, p. 389) entendia que a seleção não era um princípio que guiava apenas a evolução genética: segundo ele a psicologia, a química, a paleontologia, a linguística e a história eram movidas por uma mesma lógica seletiva.¹⁰

A maneira pela qual Price (1970, 1972, 1995) enxergava os processos populacionais era basicamente estatística e, exatamente por isso, foi-lhe possível construir uma abordagem evolucionária que ultrapassou a esfera das ciências biológicas. Nesse sentido, sua mais importante contribuição, a equação de Price (doravante EP), deve ser entendida a partir de sua característica principal: a possibilidade de generalização.¹¹

sistema socioeconômico, algo necessário ao esquema “necessariamente incompleto” darwiniano. Por outro lado, na visão darwiniana, o próprio comportamento intencional deveria ser explicado como resultado de um processo evolutivo causal e não como um fator exógeno (HODGSON, 2004, p. 182). Em relação à crítica de que os princípios do darwinismo generalizado derivariam da teoria sintética da evolução e não de Darwin, Luz e Fracalanza (2013) mostram que os próprios estudiosos que construíram os fundamentos do neodarwinismo assumem que estes princípios são originários de Darwin e devem ser complementados pela genética mendeliana (complementação esta que é rechaçada pelos defensores do Darwinismo Generalizado).

9 Entre os trabalhos, além deste, que fazem a ligação entre o Darwinismo Generalizado e a aplicação da Equação de Price na compreensão dos fenômenos econômicos, podemos citar Zinovyeva (2004), Andersen (2004), Knudsen (2004) e Hodgson e Knudsen (2010).

10 Price assinalava que a própria ciência era moldada em parte pela seleção, uma vez que testes experimentais e outros critérios serviam como sinalização seletiva entre hipóteses rivais.

11 Como Holm (2010, p. 2) assinala: “Price’s Equation was first developed as a toll in biology for modelling the evolution of gene frequencies but was also propagated as a contribution to a general mathematical theory of selection with application in all forms of evolutionary analysis – not just the biological sort.” Price (1995, p. 395) entende que o pesquisador interessado em teorias da seleção deve ter um olho no campo biológico e outro na abstração matemática: “My suggestion is that one should become well-acquainted with biological selection complexities, but work mathematically on abstract, generalized selection systems rather than on biological selection or other selection systems.”

Price (1970) utilizava o conceito de variância com relação à média para descrever a dinâmica dos processos evolucionários. Tal perspectiva teve origem nos trabalhos do famoso geneticista e estatístico R. A. Fisher (1890-1962), que ficou famoso pela elaboração do *Teorema Fundamental da Seleção Natural*. Tal teorema sustenta que a velocidade de mudança evolucionária é determinada pela variação comportamental dentro de uma população. Ou seja, o teorema sugere que o processo de seleção seja tratado em termos das variações observadas e não nos valores médios em si. O teorema de Fisher, originalmente proposto para o estudo de processos evolutivos biológicos, foi generalizado por Price (1970, 1972, 1995) por meio de sua famosa equação.¹²

Segundo Frank (1995, p. 375), a EP “is an exact, complete description of evolutionary change under all conditions”. Ela se propõe a analisar a transformação de certa característica média de uma população, que chamaremos aqui de traço médio (Z), ocorrida entre dois momentos distintos (t_1, t_2). Nesse sentido, a partir da identificação de quais seriam os traços individuais de cada unidade de seleção (z_i), a EP busca compreender a variação do traço médio da população composta por estas unidades (ΔZ), decompondo o impacto da seleção e da variação das unidades de seleção entre (t_1, t_2).¹³ Assim, a EP decompõe a transformação do traço médio de uma população no tempo, mostrando o peso relativo de cada um destes princípios darwinianos – a seleção e a variação – na transformação do valor do traço médio na população. Em termos gerais, poderíamos entender a EP nos seguintes termos:

$$\Delta Z = \text{Efeito seletivo do ambiente} + \text{Efeito de mutações internas das unidades}$$

Esta decomposição é deduzida se partirmos do conceito de valor médio de um traço dos elementos de uma população. Dessa maneira, para calcular Z é necessário realizar a soma do produto do traço de cada elemento (z_i) pela parcela que ele representa no total da população (s_i), ou seja:

$$Z = \sum s_i z_i$$

A EP decompõe a variação deste traço médio (ΔZ) no tempo, assim:

$$\Delta Z = Z' - Z = \sum s_i' z_i' - \sum s_i z_i \quad (1)$$

12 O Teorema Fundamental da Seleção Natural foi amplamente debatido dentro da biologia evolucionária, contudo Price (1972), fazendo uso de sua equação, é hoje em dia apontado como o primeiro estudioso que descreveu com clareza os princípios do teorema de Fisher (1930).

13 Frank (1995, p. 375) destaca o caráter abrangente da EP: “This equation applies to anything that evolves, since Z may be defined in anyway”.

Onde (\cdot) e $(\cdot)'$ denotam as variáveis nos instantes t_1 e t_2 , respectivamente. Esta expressão pode ser desenvolvida da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} \sum s_i' z_i' - \sum s_i z_i &= \sum (s_i + \Delta s_i) (z_i + \Delta z_i) - \sum s_i z_i \\ &= \sum (s_i z_i) + \sum (s_i \Delta z_i) + \sum (\Delta s_i \Delta z_i) + \sum (\Delta s_i \Delta z_i) - \sum (s_i z_i) \end{aligned}$$

Assim, simplificando e reagrupando termos, temos:

$$\begin{aligned} \Delta z &= \sum \Delta s_i z_i + \sum (s_i + \Delta s_i) \Delta z_i \\ &= \sum \Delta s_i z_i + \sum s_i' \Delta z_i \end{aligned} \tag{2}$$

Para avançar na dedução acima é necessário introduzir o conceito de *fitness* que Price (1970, 1972, 1995) assume. Nesse sentido, para Price, o *fitness* descreve a transformação nas frequências de um traço no tempo. Ele é representado por uma variável (w) que mede a taxa de crescimento de uma entidade entre t_1 e t_2 , ou seja, $w_i = x_i'/x_i$, onde (x_i) representa o número de elementos do tipo i em cada instante do tempo, e o *fitness* da população total pode ser entendido como $W = X'/X = \sum s_i w_i$.¹⁴

Se notarmos que (1) $\sum \Delta s_i z = 0$ e que (2) $s_i' = x_i'/x_i = s_i w_i / W$, podemos voltar à equação (2) e desenvolver seus dois componentes em separado. Assim, para $\sum (\Delta s_i z_i)$ tem-se:

$$\begin{aligned} \sum \Delta s_i z_i &= \sum \Delta s_i z_i + \sum \Delta s_i Z \\ &= \sum \Delta s_i (z_i - Z) \\ &= \sum (s_i' - s_i) (z_i - Z) \\ &= \sum (s_i w_i / W - s_i) (z_i - Z) \\ &= \sum (s_i (w_i / W - 1) (z_i - Z) \\ &= 1/W \sum s_i (w_i - W) (z_i - Z) \end{aligned}$$

¹⁴ A definição de *fitness* aqui é distinta da maioria dos modelos evolucionários da economia neo-schumpeteriana, os quais entendem *fitness* como a distância entre a média de um valor da indústria com relação ao valor de uma firma específica (SILVERBERG; DOSI; ORSENIGO; 1988; METCALFE, 1998). Segundo Michod (1999, p. 10), a definição de *fitness* da EP segue o conceito de parâmetro malthusiano de Fisher (1930), o qual entendia *fitness* como a taxa de crescimento de um tipo expresso em base *per capita*, ou em termos matemáticos: $F_i \equiv \frac{1}{\lambda_i} \frac{dz_i}{dt}$.

E para $\sum s_i' \Delta z_i$:

$$\begin{aligned} \sum s_i' \Delta z_i &= \sum s_i (w_i/w) \Delta z_i \\ &= 1/w \sum s_i w_i \Delta z_i \end{aligned}$$

Dessa maneira, a EP é definida por meio da seguinte relação:

$$\Delta Z = 1/W \sum s_i (w_i - W) (z_i - Z) + 1/W \sum s_i w_i \Delta z_i$$

Na sua forma final a EP pode ser escrita como:

$$\Delta Z = \frac{Cov(w_i, z_i)}{W} + \frac{E(w_i \Delta z_i)}{W} \quad (3)$$

ou

$$W \Delta Z = \beta (w_i, z_i) Var(z_i) + E(w_i \Delta z_i) \quad (4)$$

Onde, por definição, $Cov(w_i, z_i) = \sum s_i (w_i - W)(z_i - Z)$ e $E(w_i \Delta z_i) = \sum s_i w_i \Delta z_i$.

A expressão deduzida acima apresenta a decomposição de maneira clara. O primeiro componente da equação ($Cov(w_i, z_i)$), ou seja, a covariância entre o *fitness* (w_i) e o valor do traço da entidade em (z_i) revela o impacto dos processos seletivos em (ΔZ). Por outro lado, o segundo elemento da EP ($E(w_i \Delta z_i)$) mostra o impacto global da variação do traço de cada elemento (Δz_i), ponderado pelo seu respectivo *fitness*, para a transformação da média dos traços entre t_1 e t_2 .

A decomposição entre os efeitos seletivos e mutacionais da EP é um marco da biologia evolucionária. O poder de sua decomposição permite, por um lado, detectar fenômenos seletivos puros, ou seja, aqueles que não apresentam alteração dos traços das unidades entre e t_1 e t_2 com $E(w_i \Delta z_i) = 0$, onde, $W \Delta Z = Cov(w_i, z_i)$. Por outro lado, se não houver mudança no *fitness* das unidades no tempo, com w_i^{-1} , teremos um fenômeno estritamente mutacional, onde $W \Delta Z = E(w_i \Delta z_i)$. Contudo, o ganho mais importante da EP é o fato de permitir a análise da contribuição tanto da seleção quanto das mutações para a alteração do traço médio.

Outra característica marcante da EP no tratamento de fenômenos populacionais complexos é sua capacidade de abarcar a evolução de populações hierarquicamente estruturadas, propriedade descrita por Andersen (2004) como integrante de um “pensamento populacional multinível” (*multilevel population-thinking*). Assim, uma

vez definida a unidade de seleção, a EP permite que se avalie o impacto de processos evolutivos de um nível hierárquico inferior no resultado global. Nesse sentido, a partir da equação (4), pode-se escrever a EP com quantos níveis hierárquicos sejam necessários – sua recursividade é infinita – pela presença do termo $W\Delta Z$ em ambos os lados da equação. Assim, se houver dois níveis hierárquicos, representando, por exemplo, grupos e indivíduos, poderíamos escrever a EP da seguinte maneira:

$$W\Delta Z = \underbrace{Cov(w_j, z_j)}_{\text{Efeito seleção no nível hierárquico superior (grupos)}} + E(\underbrace{Cov(w_{ij}, z_{ij})}_{\text{Efeito seleção no nível hierárquico inferior (indivíduos)}}) + E(\underbrace{w_{ij}, \Delta z_{ij}}_{\text{Efeito mutação no nível hierárquico inferior}}) \quad (5)$$

Onde o índice j é associado aos grupos que constituem a população e os índices denotam o indivíduo pertencente ao grupo .

Como pode ser visto, o efeito mutação das unidades de um nível hierárquico superior ($E(w_j \Delta z_j)$) pode ser sempre decomposto no efeito seletivo e mutacional das unidades de seleção de um nível hierárquico inferior, como Zinovyeva (2004, p. 16) assinala: “This representation allows representing evolutionary processes at different levels of aggregation. Then the sum of all covariance terms could be interpreted as a complex selection effect and the remaining term as an innovation effect, not explained by any selection force”.¹⁵

Como visto no tópico anterior, o darwinismo generalizado pode ser descrito como uma visão ontológica que entende que os processos evolucionários de todos os sistemas populacionais complexos podem ser descritos por meio dos princípios de variação, hereditariedade e seleção. Estando num nível metateórico, o darwinismo generalizado não provê diretamente um instrumental analítico para o pesquisador, mas sim estabelece certos parâmetros que servem como guia para seus estudos. Nesse sentido, a EP pode ser compreendida como uma maneira de aplicação desta visão ontológica. A EP absorve os princípios darwinianos de modo pleno, fornecendo uma possibilidade de compreensão dos processos que eles engendram. Os conceitos de variação, hereditariedade e seleção estão no âmago do darwinismo generalizado, assim como fundamentam a EP.¹⁶

15 Frank (1995, p. 378) assinala no mesmo sentido: “The Price Equation provides a natural way to think about hierarchical decomposition (species, group, individual, gene) and statistical association at various hierarchical levels.”

16 Vale assinalar contudo que a equação de Price não se detém na explicação de quais seriam os mecanismos específicos que determinam os processos que geram variação e continuidade. A equação de Price é um instrumento útil para descrever as transformações de populações determinadas por um processo contínuo de geração de variação e de seleção, mas, como instrumental estatístico, ela não explica o que gera esta variação e quais seriam os mecanismos seletivos. Deve-se enfatizar que o caráter aberto da metateoria darwiniana exige que o pesquisador desenvolva hipóteses para explicar estes processos dentro de seu sistema complexo específico.

Obviamente, a descrição da EP que acabamos de realizar é suficientemente abstrata para impedir-nos de enxergar sua aplicabilidade, ou seja, apesar de a EP ser uma clara representação estatística dos processos darwinianos, ainda é necessário mostrar os resultados da utilização deste ferramental em um campo específico: o econômico. No próximo item apresenta-se uma maneira de aplicação empírica da EP como instrumental para avaliar a transformação da produtividade da indústria.

3. Equação de Price, decomposição da produtividade e interpretação evolucionária

A EP é utilizada de maneiras variadas na teorização econômica. Em termos gerais, é possível distinguir sua aplicação em três áreas distintas: na teoria dos jogos evolucionários no âmbito da análise da prevalência de comportamentos altruístas dentro de grupos (BOWLES, 2004, cap. 13); na compreensão do processo de replicação em modelos evolucionários (METCALFE, 1994, 1998); e na sua utilização para a compreensão das unidades de replicação sociais (KNUDSEN, 2004; HODGSON; KNUDSEN, 2010). Nos últimos anos, a partir do trabalho de Holm (2010), somou-se a estas três áreas de investigação uma quarta que, ao contrário das aplicações anteriores, avançou no campo da empiria. Nesse sentido, seguindo algumas proposições de Metcalfe e Ramlogan (2006), Metcalfe (1994, 1998) e Andersen (2004) acerca do uso da EP para compreender a evolução das firmas, Holm (2010) foi capaz de identificar um caminho para a aplicação destes conceitos na análise de um conjunto de dados acerca da produtividade da indústria, compatibilizando a EP com os métodos de decomposição da produtividade do tipo *shift-share*.

Holm (2010) estabelece como referência um conjunto de trabalhos que realizam a análise da decomposição da produtividade na indústria, setores ou economias inteiras.¹⁷ Para o autor, a decomposição da produtividade como maneira de avaliação do desempenho industrial é importante, pois pode contribuir para a compreensão de aspectos específicos da dinâmica industrial em diferentes níveis. Nesse aspecto, Holm assinala que a EP (equação (1)) poderia ser utilizada como uma ferramenta útil para a elaboração desta decomposição, uma vez que a variação do traço médio (Δz) poderia ser tomada como a variação da produtividade do trabalho em uma periodização específica.

17 Os trabalhos de referência fundamentais são: Foster et al. (1998); Disney et al. (2003); Cantner e Kruger (2008); Andersen (2004); e Scarpetta et al. (2002).

É importante lembrar que a discussão sobre a produtividade ganhou impulso a partir do trabalho de Solow (1956) e dos desdobramentos metodológicos posteriores associados à contabilidade do crescimento. Esta vertente, que se consolidou como a formulação mais tradicional no campo neoclássico, resultou na associação do crescimento da produtividade do trabalho com a intensificação no uso do capital, na qualidade do trabalho ou no aumento da produtividade total dos fatores. Em grande medida, os trabalhos empíricos dentro desta tradição assumem funções de produção onde existe perfeita substitutibilidade entre os fatores, além de retornos constantes de escala e concorrência perfeita. A produtividade total dos fatores é associada ao progresso tecnológico, que, por sua vez, acaba sendo tratado como um elemento determinado exogenamente, isto é, fora do próprio modelo.

Ao ter como base funções de produção agregadas, os estudos para avaliar o crescimento da produtividade que partem desta vertente deixam de considerar a grande variabilidade existente nos setores e na economia. Por outro lado, a ideia de heterogeneidade entre as empresas é um denominador comum tanto nos estudos que analisam a produtividade por meio de métodos de decomposição a partir de dados desagregados, quanto na análise dinâmica evolucionária neo-schumpeteriana.¹⁸ Assim, ao contrário da vertente neoclássica, que se fundamenta no conceito de “firma representativa” – como um dado estático do valor médio das empresas –, a análise dinâmica é caracterizada por considerar a natureza heterogênea do conjunto das firmas.

Holm (2010) ressalta que a indústria é formada por um agrupamento de empresas com características variadas, o que possibilita adotar uma perspectiva fortemente populacional para a compreensão da dinâmica dos processos econômicos. Para o autor, se o conjunto das firmas pode ser considerado uma população que se transforma no tempo, sendo composta por elementos suscetíveis às forças de variação e de seleção, então podemos pensar esta transformação a partir do pensamento darwiniano e da equação de Price.

A análise da decomposição da produtividade utilizando a equação de Price e a interpretação de seus resultados no âmbito da economia industrial merecem alguns comentários adicionais. Tradicionalmente, os estudos que utilizam técnicas do tipo *shift-share* para decomposição da produtividade separam sua variação em três efeitos:¹⁹

18 Isto é uma marca clara dos principais trabalhos desta tradição, como, entre outros, Winter (1998), Nelson e Winter (1982) e Metcalfe (1998).

19 Em estudos que utilizam dados ao nível das firmas, além desses três efeitos, também são tratados os efeitos de entrada e saída de firmas. Ver Foster et al. (1998) para uma discussão mais aprofundada.

$$\Delta z = \sum_i z_i \Delta s_i + \sum_i s_i \Delta z_i + \sum_i \Delta z_i \Delta s_i \quad (6)$$

O primeiro termo é denominado efeito composição, ou entre unidades, e reflete a variação da produtividade atribuível à mudança nas participações das unidades de análise. O segundo termo é chamado de efeito tecnológico ou efeito intraunidades e mede a contribuição de cada unidade na produtividade agregada, supondo que as parcelas de mercado não foram alteradas. O terceiro termo corresponde à interação entre mudanças na produtividade intraunidades e entre unidades de forma conjunta.

Comparando a equação (6) com a EP (primeira linha da equação (2)), observa-se que os efeitos intraunidade e de interação, quando agregados, coincidem com o efeito de mutação interno das unidades. Por outro lado, o efeito de seleção é exatamente igual ao efeito composição. Dessa forma, ao se aplicar a EP para decompor o crescimento da produtividade como explicitado na seção anterior, é possível intuir que esta produtividade pode ser decomposta em um efeito seleção e um efeito variação. A possibilidade de interpretação evolucionária é, portanto, bastante clara, em especial com a análise pioneira proposta por Nelson e Winter (1982). Para estes autores, os mecanismos de mutação/variação e de seleção seriam componentes-chave para uma interpretação evolucionária, o primeiro correspondendo à inovação econômica, realizada pelo processo interno de busca no âmbito das empresas, e o segundo relativo à seleção das rotinas e estratégias interna às firmas realizada no mercado.

Cabe ressaltar que a inovação deve ser entendida em sentido amplo, envolvendo elementos variados que poderiam conferir vantagens sobre os concorrentes no mesmo setor de atividade. Além das inovações de produtos e processos, pode ser destacado um amplo conjunto de fatores refletidos nas estratégias deliberadas das empresas de buscar ganhos diferenciais em relação aos seus concorrentes, como, por exemplo, mudanças organizacionais, gerenciais e de *marketing*. Vale lembrar que, neste processo, os efeitos de aprendizado e os esforços imitativos e adaptativos em relação ao ambiente também têm relevância. Obviamente, aqui, parte-se de uma visão de empresa que é muito diferente da noção de firma neoclássica. Esta última realiza escolhas eficientes de insumos e tecnologia num contexto de ampla disponibilidade de conhecimento tecnológico e preço dos fatores. Na perspectiva evolucionária, pelo contrário, observa-se que as estratégias de inovação envolvem um elevado grau de incerteza, em que a firma busca acumular capacidades para levar à frente o processo de concorrência, não incorporando um comportamento

maximizador. Além disso, é importante reconhecer que existe uma forte interação entre os esforços inovativos das firmas e as mudanças no próprio mercado, fato captado pela inclusão do efeito interação no efeito inovação.

Dessa maneira, o componente $E(w_i \Delta z_i)$, que representa o efeito variação captado pela EP, inclui este conjunto de fatores decorrentes da ação de forças internas à empresa e que afetam a média. Nesse sentido, a interpretação do efeito intrafirma reafirma novamente sua identificação com a visão neo-schumpeteriana.

Por outro lado, a covariância entre crescimento da firma (w_i) e sua produtividade (z_i) é tomado como o efeito seleção e, nesse caso, pode ser entendido como o efeito dos processos seletivos de mercado sobre as firmas (pensando no nível firma-setor). Pode-se pensar aqui em um mecanismo que reduz a variabilidade existente, por meio da seleção implícita de estratégias e rotinas indutoras de maior crescimento. Nesse sentido, podemos interpretar que uma variação positiva da produtividade da indústria refletiria o princípio de que empresas que mais crescem (selecionadas no mercado) são as que possuem uma produtividade relativa maior, sendo que o contrário aconteceria com aquelas de menor produtividade. Logicamente, este movimento de seleção não pode de maneira nenhuma ser entendido como uma tendência ao equilíbrio conforme a visão tradicional.

Em termos dinâmicos, o efeito seleção captaria a realocação de recursos entre as firmas de um setor. Considerando o nível setor-economia, pode-se também raciocinar em termos do movimento de mudança estrutural que altera a composição multisectorial da economia ao longo do tempo (METCALFE; RAMLOGAN, 2006).

Finalmente, vale destacar a capacidade da aplicação da EP no campo econômico, permitindo uma análise multinível. A possibilidade de utilizar vários níveis hierárquicos é interessante dado que a decomposição da variação total da produtividade é realizada a partir de um nível agregado populacional, obtendo-se os respectivos componentes preliminares de variação devido às forças da seleção e inovação. Em uma segunda etapa, estes componentes preliminares podem ser particionados em parcelas que correspondem aos diversos setores, compondo o agregado até o nível de desagregação desejado.

A vantagem de usar a desagregação firma-setor-economia é bastante evidente, uma vez que suporta análises de especialistas setoriais que podem interpretar de maneira mais detalhada os elementos de variação e seleção dentro de cada setor. Contudo, permite-se um olhar mais amplo para os movimentos de mudança estrutural observado ao nível dos setores dentro da economia. É importante chamar

atenção também para o fato de que, dependendo da disponibilidade de dados, é possível inclusive trabalhar com as plantas industriais como unidade de análise, que seriam agregadas nas firmas. Dessa forma, a variabilidade observada dentro das empresas seria resultado de um efeito inovação e seleção que ocorreria ao nível das plantas produtivas.

Assim, a característica multinível da EP permite analisar não apenas o efeito das forças de seleção e inovação na variação total da produtividade do trabalho em níveis agregados, mas também a contribuição de cada componente do agregado no total da variação.

4. Decomposição da variação da produtividade do trabalho na indústria brasileira utilizando a equação de Price

Esta seção objetiva aplicar a decomposição da produtividade baseada na equação de Price para a indústria de transformação brasileira, observando os efeitos resultantes das forças de seleção e inovação, entendidas em sentido amplo, conforme destacado na seção anterior. É importante ressaltar que não se pretende aqui aprofundar o debate sobre o crescimento da produtividade no Brasil. Como ressaltado por De Negri e Cavalcante (2013), existe uma intensa discussão a esse respeito, envolvendo diferentes métodos, indicadores e bases de dados. Grande parte das análises aponta para uma dificuldade do crescimento da produtividade no Brasil, em especial na atividade industrial. Apesar da relevância do tema, esta seção limita-se a realizar uma primeira aproximação a partir da decomposição propiciada pela equação de Price, deixando uma discussão mais extensa para trabalhos posteriores.

Ainda assim, é importante destacar que este trabalho se distancia em termos analíticos e metodológicos de parte dos estudos que buscaram analisar a evolução da produtividade no Brasil, em especial daqueles que partem de funções de produção agregadas tradicionais, como Bonelli e Bacha (2013) e Ferreira et al. (2008), ou utilizando outras ferramentas analíticas, como o modelo de fronteira estocástica (MARINHO; BITTENCOURT, 2007). Por outro lado, a metodologia aqui utilizada é compatível com aquelas que usam técnicas de decomposição *shift-share* para a produtividade do trabalho, como, por exemplo, as variantes empregadas por Cavalheiro (2003), Rocha, (2007) e Canêdo-Pinheiro e Barbosa Filho (2011). Contudo, como destacado na seção anterior, ao utilizar a EP, este trabalho permite uma identificação mais direta com a análise evolucionária. Também deve ser res-

saltado que a análise envolve uma periodização mais recente (2007-2011), embora necessariamente limitada pela impossibilidade de utilizar informações anteriores a 2007, em razão da mudança de classificação ocorrida na Classificação Nacional de Atividade Econômica (CNAE) para os dados da Pesquisa Industrial Anual (PIA) elaborada pelo IBGE.

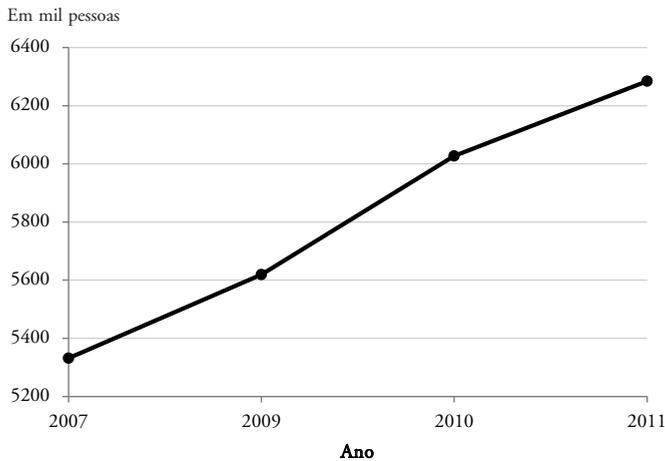
Diante da limitação de acesso às informações por empresa (microdados), a análise da variação da produtividade agregada foi decomposta utilizando como unidade mínima de desagregação as classes econômicas da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0) a 4 dígitos, permitindo assim também a replicabilidade do estudo pelo fácil acesso a estas informações. Posteriormente o resultado é analisado observando também a dinâmica resultante dentro de cada um dos setores a dois dígitos (setores 10 a 33), que constituem a indústria de transformação.

No que se refere à medida de produtividade (z_i), este trabalho utiliza o valor da transformação industrial por trabalhador, uma medida amplamente empregada internacionalmente devido à sua mensuração direta (uma vez que ela é livre de hipóteses sobre a função de produção, necessária para a maioria dos estudos sobre a produtividade total dos fatores), além de sua decomposição setorial ser mais facilmente realizada. Ainda, como apontado em Holm (2010), o valor da transformação industrial (VTI) mostra-se como uma *proxy* adequada da vantagem competitiva, uma vez que, para fins de evolução, o que importa não é o quanto se produz, mas sim o quanto se gera de riqueza a mais. Em contrapartida, trabalha-se com uma medida parcial de produtividade, desconsiderando-se os efeitos de outros fatores. O VTI foi deflacionado utilizando o Índice de Preços por Atacado – Oferta Global (IPA-OG), que dispõe de índices de inflação específicos para os setores da CNAE a dois dígitos.

O tamanho da classe econômica (x_i) é medido pelo total de pessoas ocupadas da classe (PO) em 31 de dezembro de cada ano. Assim, o *fitness* da classe (w_i) é estimado pelo aumento do PO (w'_i/w_i) e a participação na indústria de cada classe ou *market-share* (s_i) é dada pela relação de PO do setor com o PO total (x_i/X). Esta escolha mostra-se tanto mais adequada quando maior for o grau de desagregação da análise, pois supõe-se que as unidades analisadas no mesmo setor adotam processos similares.

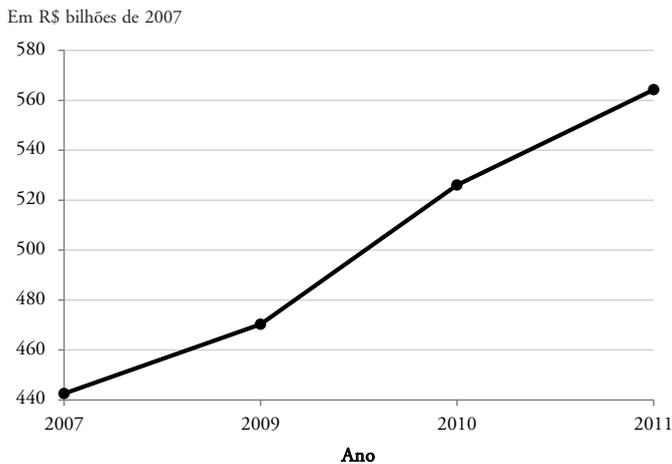
As evoluções do PO total e do VTI, para o período de análise, são ilustradas, respectivamente, nos Gráficos 1 e 2.

GRÁFICO 1
Evolução do pessoal ocupado na indústria de transformação
Brasil – 2007-2011



Fonte: IBGE. Pesquisa Industrial Anual – PIA. Elaboração dos autores.

GRÁFICO 2
Evolução do VTI real da indústria de transformação
Brasil – 2007-2011

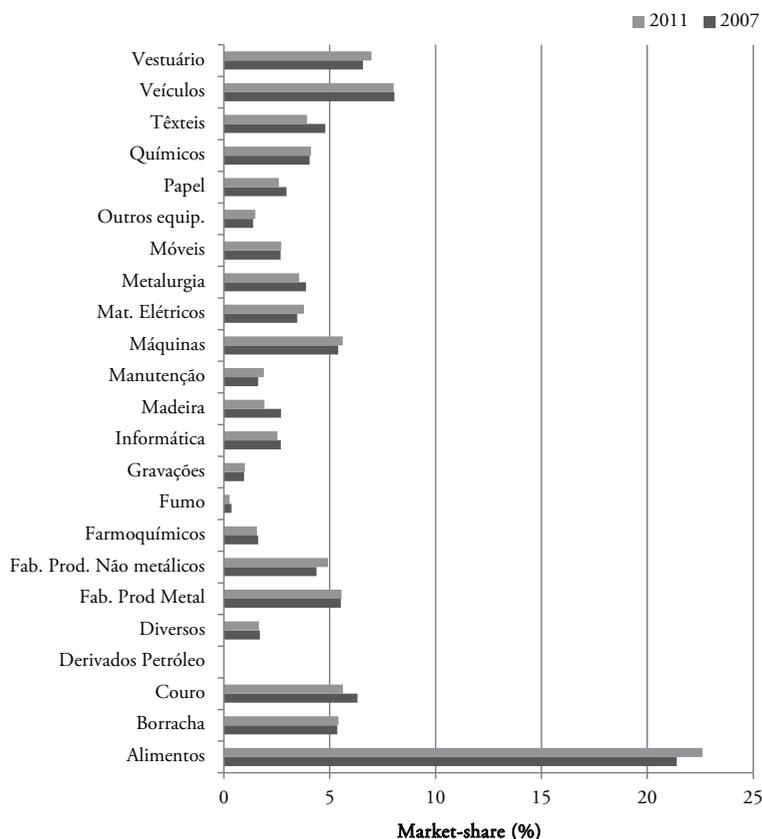


Fonte: IBGE. Pesquisa Industrial Anual – PIA. Elaboração dos autores.

Analisando a variável PO, nota-se um padrão de tendência crescente ao longo do período, o que é consistente com a queda na taxa de desemprego observada nesse período. O Gráfico 1 mostra que de 2007 a 2011 houve aumento de aproximadamente 17,8% no total de pessoas empregadas pela indústria de transformação, apesar da pequena desaceleração em 2009.

Pelo lado da produção, é importante considerar que o período abarca o movimento de rápida retração ocorrido em 2009, assim como a recuperação da indústria de transformação em 2010 e 2011. Pelo próprio fato de ser um período curto, a participação dos setores no total da força de trabalho empregada na indústria de transformação entre 2007 e 2011 não mostrou evidências significativas de alteração ou variações drásticas na estrutura industrial em termos de *market-share*, como pode ser observado no Gráfico 3, ao nível dos setores a dois dígitos. Cabe ressaltar que os setores de maior participação no período analisado foram os de alimentos, veículos e vestuário, sendo que esses três somados responderam por 43% e 44,9% do total de PO em 2007 e 2011, respectivamente.

GRÁFICO 3
Market-share dos setores da indústria de transformação
em termos de pessoal ocupado
Brasil – 2007-2011



Fonte: IBGE. Pesquisa Industrial Anual – PIA. Elaboração dos autores.

A Tabela 1 apresenta as correlações entre a produtividade do trabalho em 2007 e o crescimento de 2007 a 2011 para a indústria de transformação. Enquanto a correlação simples assume a existência de dependência linear entre as variáveis, o coeficiente de correlação de Spearman é livre de tal hipótese, além de não ser alterado por eventuais transformações monotônicas sobre as variáveis, como é o caso da função logaritmo natural (\ln).

Embora a produtividade do trabalho seja comumente representada pelo \ln da relação VTI/PO, a correlação entre a produtividade do trabalho e o crescimento da classe apresentou um valor estimado inferior quando usado o $\ln z_i$ do que quando usado z_i . Com isso, e diferentemente do estudo apresentado por Holm (2010), este trabalho optou por trabalhar com a produtividade z_i . Além disso, a utilização de z_i permite a análise direta da variação da produtividade da indústria Z , o que não seria possível se fosse utilizado o $\ln z_i$, pois o cálculo de Z forneceria um índice de produtividade e não a produtividade em si.

TABELA 1
Correlações entre crescimento e produtividade do trabalho na indústria de transformação
Brasil – 2007/2011

	Correlação (w_i, z_i)	Correlação ($w_i, \ln z_i$)	Spearman $\rho(w_i, z_i)$
Todas as classes	0,1663	0,0097	0,0938

Fonte: IBGE. Pesquisa Industrial Anual – PIA. Elaboração dos autores.

Nota-se que as estimativas mostradas na Tabela 1 indicam que não há uma correlação forte entre o aumento do *market-share* e a produtividade do trabalho das classes econômicas para o período mais recente. Assim, embora os Gráficos 1 e 2 mostrem um padrão crescente para o VTI e PO agregados, os coeficientes de correlação colocam em evidência que não existe uma covariação explícita entre as duas variáveis no nível mais desagregado aqui considerado. Isto é, há classes econômicas que perderam ou tiveram um ganho pequeno de produtividade e, ao mesmo tempo, tiveram um aumento de PO (*fitness* w_i superior a um).

Associando os resultados aos conceitos apresentados nas seções 2 e 3, temos que a EP decompõe a variação da produtividade em duas parcelas, sendo a primeira associada ao efeito seleção e a segunda ao efeito de inovação intrasetorial. O efeito intersetorial associa-se ao efeito de seleção, resultante das alterações da estrutura da

indústria da transformação. Por outro lado, o segundo termo toma como referência o próprio setor (w_i, z_i), sendo associado ao efeito de inovação, conceito que é utilizado em um sentido amplo, pois refere-se aos efeitos de imitação, aprendizado e qualquer outro mecanismo de apropriação de vantagens competitivas favoráveis à evolução do setor. Portanto, o efeito representa a parcela da variação na produtividade total resultante de processos internos aos setores.

As estatísticas necessárias à EP são apresentadas na Tabela 2. Observam-se uma variação de 17,8% no total do PO e um aumento de 8,1% na produtividade do trabalho, entre 2007 e 2011. Em termos médios anuais, o crescimento da produtividade chega a quase 1,9%, um pouco superior ao verificado por De Negri e Cavalcante (2013) para o período 2007-2010. Não deixa de ser interessante que o aumento observado não pode ser caracterizado como de estagnação da produtividade na indústria, como tem sido apontado por outros estudos. Os resultados da decomposição encontram-se representados na Figura 1.

TABELA 2
Estatísticas calculadas para a decomposição da variação da produtividade do trabalho na indústria de transformação
Brasil – 2007-2011

Descrição	Variável	Valor
Pessoal ocupado 2007	X	5 331 426
Pessoal ocupado 2011	X'	6 284 591
Produtividade do trabalho 2007	Z	83,000
Produtividade do trabalho 2011	Z'	89,786
Crescimento +1	$W = X'/X$	1,179
Covariância	$Cov(w_i, z_i)$	0,057
Esperança	$E(w_i, \Delta z_i)$	7,942
Variação da produtividade	Δz	6,786
Efeito de seleção	--	0,048
Efeito de inovação	--	6,738

Fonte: IBGE. Pesquisa Industrial Anual – PIA. Elaboração dos autores.

FIGURA 1
Decomposição da variação da produtividade do trabalho na indústria de transformação
Brasil – 2007/2011

$6,786$	$=$	$0,048$	$+$	$6,738$
$\underbrace{\hspace{1.5cm}}$		$\underbrace{\hspace{1.5cm}}$		$\underbrace{\hspace{1.5cm}}$
100%		1%		99%

Fonte: IBGE. Pesquisa Industrial Anual – PIA. Elaboração dos autores.

Nota-se que, devido às variações, mesmo que pouco significativas, na estrutura da indústria da transformação, o efeito de seleção contribuiu com uma variação positiva da produtividade (0,048) equivalente a apenas 1% do total. Ou seja, há poucos setores com alta produtividade que apresentam crescimento significativo, como já tinha sido observado na análise descritiva realizada na Tabela 1. Por outro lado, o efeito intrasetorial foi o fator que alavancou o ganho de produtividade neste período da indústria de transformação, sendo responsável por 99% da mesma.

Para melhor analisar este resultado, a Tabela 3 apresenta a decomposição da variação da produtividade por setor. É interessante notar que, neste nível de análise, a avaliação é realizada sobre as classes econômicas dentro de cada setor. O comportamento interno às classes, porém, pode ser interpretado como efeitos de seleção e inovação das empresas que compõem cada classe. Como a análise não foi realizada ao nível das firmas, as variações internas a elas são captadas apenas indiretamente. Além disso, como já observado, o período de análise é relativamente curto. Portanto, com as mudanças sendo bastante influenciadas por variações da conjuntura, os resultados aqui apresentados servem muito mais para mostrar a consistência e a capacidade de desagregação setorial da metodologia do que para amparar conclusões definitivas sobre o desempenho de cada setor.

A primeira e segunda colunas numéricas da Tabela 3 referem-se aos efeitos de seleção e variação como percentuais de participação da variação total no setor. As três colunas seguintes mostram a variação anual de produtividade de cada setor e a contribuição de cada efeito dentro deste total.

Os setores foram ordenados em ordem decrescente da variação da produtividade observada. Um primeiro aspecto que se destaca é a dispersão das variações. Na indústria de transformação, o desempenho em termos de produtividade dos setores foi bastante heterogêneo, com setores apresentando grandes ganhos ao mesmo tempo que outros tiveram variações negativas expressivas.

TABELA 3

**Evolução da produtividade do trabalho (Δz_i), segundo setores da indústria de transformação
Brasil – 2007/2011**

Em porcentagem

Setores	Distribuição percentual		Distribuição da variação média anual		
	Efeito seleção	Efeito inovação	Total	Efeito seleção	Efeito inovação
Informática	4,0	96,0	8,7	0,4	8,4
Couro	0,8	99,2	7,4	0,1	7,4
Veículos	3,0	97,0	5,9	0,2	5,7
Vestuário	2,1	97,9	5,5	0,1	5,4
Móveis	0,4	99,6	5,4	0,0	5,4
Máquinas	-11,5	111,5	3,1	-0,4	3,5
Diversos	0,6	99,4	2,9	0,0	2,9
Madeira	-0,1	100,1	2,4	0,0	2,4
Manutenção	-7,4	107,4	2,2	-0,2	2,4
Mat. elétricos	-6,0	106,0	1,9	-0,1	2,0
Fab. prod. metal.	-25,9	125,9	1,9	-0,5	2,3
Papel	12,4	87,6	1,8	0,2	1,5
Alimentos	-24,9	124,9	1,7	-0,4	2,1
Têxteis	19,3	80,7	1,6	0,3	1,3
Borracha	-30,2	130,2	1,3	-0,4	1,7
Fumo	162,8	-62,8	1,0	1,6	-0,6
Químicos	350,1	-250,1	0,2	0,7	-0,5
Gravações	-1020,3	1120,3	0,1	-1,1	1,2
Prod. min. não metálicos	812,7	-712,7	0,0	0,2	-0,1
Outros equip.	-226,2	126,2	-0,4	-0,9	0,5
Bebidas	2,3	-102,3	-1,0	0,0	-1,0
Farmacêutica	2,4	-102,4	-2,5	0,1	-2,5
Metalurgia	16,0	-116,0	-6,7	1,1	-7,8

Fonte: IBGE. Pesquisa Industrial Anual – PIA. Elaboração dos autores.

Nota: Nas colunas 1 e 2, os efeitos são apresentados em valores percentuais. Quando a variação da produtividade é positiva, a soma das participações dos efeitos é igual a 100%. Quando há variação negativa da produtividade, a soma das participações dos efeitos é igual a -100%, preservando assim o sinal negativo da parcela, quando existente.

Do ponto de vista da decomposição, assim como observado para o total da indústria de transformação, o efeito da inovação foi predominante na maioria dos setores, influenciando decisivamente a variação total da produtividade setorial. Na

indústria de informática, por exemplo, do crescimento de 8,7% observado na produtividade, 96% (8,4%) foram decorrentes de mudanças ocorridas no interior das classes. Em alguns setores, o efeito inovação teve que compensar o efeito seleção negativo, como, por exemplo, em máquinas e equipamentos.

Na maioria dos setores, porém, o efeito seleção foi positivo, reforçando o efeito inovação, embora de maneira pouco importante. Em alguns poucos setores, o efeito seleção foi forte o suficiente para compensar o efeito inovação negativo, como, por exemplo, na indústria química e no setor de fumo. Na indústria química, as alterações nas participações das classes dentro do setor responderam por um aumento de 0,7% na produtividade, compensando a variação negativa 0,5% dentro das classes.

Vale destacar também, que para valores de Δz_i próximos de zero (por exemplo no setor de fabricação de produtos de minerais não-metálicos e no de gravações), o fato de o valor a ser decomposto ser quase nulo altera a magnitude das parcelas resultantes da decomposição.

A análise dos resultados setoriais mostra um cenário de prevalência de estratégias internas às classes econômicas associadas às alterações das estratégias de inovação, aprendizado e imitação e que resultam em elevação da produtividade. Por sua vez, o efeito de seleção associado à mudança da composição das classes dentro de cada setor, assim como nos setores dentro da indústria em geral, teve pequena capacidade de impulsionar o efeito positivo da inovação interna às classes.

5. Considerações finais

Este trabalho teve o objetivo de apresentar a equação de Price e sua aplicação para a decomposição da produtividade, dentro de um contexto que compatibiliza os conceitos fundamentais do darwinismo generalizado com uma perspectiva evolucionária de cunho analítico. A explicitação da equação de Price, sua forma de cálculo e sua aplicação permitem perceber como este instrumental pode ser adequado às interpretações evolucionárias sobre a dinâmica industrial.

Do ponto de vista dos estudos sobre a produtividade, a avaliação realizada procurou enfatizar que a decomposição utilizando a equação de Price permite realizar análises que se afastam das hipóteses de firma representativa ou funções de produção agregadas, que marcam muitos dos estudos sobre o crescimento da produtividade dentro da teoria tradicional.

Além disso, buscou-se aplicar a decomposição da produtividade incorporando a equação de Price para a indústria de transformação brasileira no período 2007-2011.

Embora seja um espaço de tempo curto e marcado por turbulências decorrentes dos efeitos da crise internacional, julgou-se importante testar a possibilidade de aplicação para o conjunto da indústria brasileira e para as suas divisões dentro da CNAE.

Os resultados para a produtividade na indústria brasileira mostraram o predomínio do efeito inovação para explicar o aumento da produtividade ocorrida no período 2007 a 2011. O efeito de seleção, por outro lado, embora positivo, foi bastante reduzido no que se refere tanto ao efeito das classes dentro dos setores quanto ao efeito dos setores dentro da indústria de transformação. Ou seja, os efeitos associados às estratégias internas dos agentes dentro de cada grupo foram os principais responsáveis pelo aumento da produtividade industrial no período.

Apesar desse resultado agregado para a indústria, foi possível perceber a ocorrência de um conjunto variado de resultados: em alguns casos, observou-se que o efeito seleção reforçou o efeito inovação e, em outros, detectou-se que os dois efeitos se opuseram. Esse fato fortalece a importância da geração de informações desagregadas para fundamentar futuras análises setoriais.

Deve ser reconhecido também que uma compreensão mais aprofundada e com uma aderência maior ao conceito de inovação deveria utilizar a firma como unidade de análise. Dessa forma, em futuros trabalhos será importante incluir as informações ao nível das empresas, o que possibilitará incorporar explicitamente o efeito da entrada e saída de firmas sobre a produtividade. Da mesma maneira, o acesso aos dados por empresa permitirá a compatibilização das classificações da CNAE, permitindo o acesso a um período de abrangência maior. A inclusão desses avanços possibilitará a obtenção de resultados mais robustos para uma discussão mais aprofundada acerca da produtividade industrial brasileira.

Referências bibliográficas

ALCHIAN, A. Uncertainty, evolution, and economic theory. *Journal of Political Economy*, n. 58, p. 211-21, June 1950.

ALDRICH, H.; HODGSON, G.; HULL, D.; KNUDSEN, T.; MOKYR, J.; VANBERG, V. In defence of generalized Darwinism. *Journal of Evolutionary Economics*, v. 18, n. 5, p.577-596, Springer 2008.

ANDERSEN E. S. Population thinking, Price's equation and the analysis of economic evolution. *Evolutionary and Institutional Economics Review*, n. 1, p. 127-148, 2004.

- BONELLI, R.; BACHA, E. L. Crescimento brasileiro revisitado. In: VELOSO, F. et al. *Desenvolvimento econômico: uma perspectiva brasileira*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- BOWLER, P. *Evolution: the history of an idea*. Berkley: University of California Press, 2003.
- BOWLES, S. *Microeconomics: behaviour, institutions and evolution*. Princeton: Princeton University Press, 2004.
- BUICAN, D. *Darwin dans l'histoire de la pensée biologique*. Paris: Editions Ellipses, 2008.
- CAMPBELL, D. Variation, selection and retention in sociocultural evolution. In: BARRINGER, H.; BLANKSTEN, G.; MACK, R. (Ed.). *Social change in developing areas: a reinterpretation of evolutionary theory*. Cambridge MA: Schenkman, 1965.
- CANÊDO-PINHEIRO, M.; BARBOSA FILHO, F. H. Produtividade e convergência entre estados brasileiros: exercícios de decomposição setorial. *Economia Aplicada*, v. 15, n. 3, p. 417-442, 2011.
- CANTNER, U.; KRUGER, J. J. Micro-heterogeneity and aggregate productivity development in the German manufacturing sector. *Journal of Evolutionary Economics*, v. 18, n. 2, p. 119-133, 2008.
- CARVALHEIRO, N. Uma decomposição do aumento da produtividade do trabalho no Brasil durante os anos 90. *Revista de Economia Contemporânea*, n. 7, p.81-109, 2003.
- CORDES, C. Darwinism in economics: from analogy to continuity. *Journal of Evolutionary Economics*, v.16, n. 5, p. 529-541, 2006.
- _____. Can a generalized Darwinism be criticized? A rejoinder to Geoffrey Hodgson. *Journal of Economic Issues*, v. 41, n. 1, p. 277-281, 2007.
- DAWKINS, R. Universal Darwinism. In: BENDALL, D. (Ed.). *Evolution from molecules to man*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. Evolução recente dos indicadores de produtividade no Brasil. *Boletim Radar*, Brasília, Ipea, 2013.
- DISNEY, R.; HASKEL, J.; HEDEN, Y. Restructuring and productivity growth in UK manufacturing. *The Economic Journal*, v. 113, n. 489, p. 666-694, 2003.
- ENKE, S. On maximizing profits: a distinction between Chamberlin and Robinson. *The American Economic Review*, v. 41, n. 4, p. 566- 578, Sep. 1951
- FERREIRA, P. C.; ELLERY JR., R.; GOMES, V. Produtividade agregada brasileira (1970-2000): declínio robusto e fraca recuperação. *Estudos Econômicos*, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 31-53, 2008.

- FISHER, R. A. *The genetical theory of natural selection*. Oxford: Oxford University Press, 1930.
- FOSS, N. J. The biological analogy and the theory of the firm: Marshall and Monopolistic competition. In: HODGSON, G. M. *The foundations of evolutionary economics: 1890-1973*. Cheltenham: Edward Elgar, 1998.
- FOSTER, L.; HALTIWANGER, J.; KRIZAN, C. J. *Aggregate productivity growth: lessons from microeconomic evidence*. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 1998 (NBER Working Paper Series, n. 6803).
- FRANK, S. George Price's contribution to evolutionary genetics. *Journal of Theoretical Biology*, n. 175, p. 373-388, 1995.
- FRIEDMAN, M. *Essays in positive economics*. Chicago: Chicago University Press, 1953.
- HAYEK, F. A. Degrees of explanation. *The British Journal for the Philosophy of Science*, v. 6, n. 23, p. 209-225, 1955.
- HODGSON, G. The Mecca of Alfred Marshall. *Economic Journal*, n. 103, p. 406-15, 1993.
- _____. Darwinism in economics: from analogy to ontology. *Journal of Evolutionary Economics*, v. 12, n. 3, p. 259-281, 2002.
- _____. Darwinism, causality and the social sciences. *Journal of Economic Methodology*, v. 11, n. 2, p. 175-194, 2004.
- _____. A response to Christian Cordes and Clifford Poirot. *Journal of Economic Issues*, v. 41, n. 1, p. 265-276, 2007.
- HODGSON, G.; KNUDSEN, T. Why we need a generalized Darwinism and why a generalized Darwinism is not enough. *Journal of Economic Behavior*, v. 61, n. 1, p. 1-19, 2006.
- _____. *Darwin's conjecture*. Chicago: University of Chicago Press, 2010.
- HOLM, J. R. Applying Price's equation in empirical research. In: LEM SEMINAR SERIES, n. 10, Pisa, Italia, 2010.
- KNUDSEN, T. General selection theory and economic evolution: the Price equation and the replicator/interactor distinction. *Journal of Economic Methodology*, v. 11, n. 2, p. 147-173, 2004.
- LEVIT, S.; HOSSFELD, U.; WITT, U. Can Darwinism be "generalized" and of what use would this be? Jena, Germany: Max Planck Institute of Economics, 2010 (Papers on Economics and Evolution, n. 1007).

LUZ, M. R. S.; FRACALANZA, P. S. From T(h)e(le)ology to evolution: the typological legacy and the Darwinian possibility of economic theorizing. *Journal of Economic Issues*, v. 47, n. 1, p. 193-218, 2013.

MARINHO, E.; BITTENCOURT, A. Produtividade e crescimento econômico na América Latina: a abordagem da fronteira de produção estocástica. *Estudos Econômicos*, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 5-33, 2007.

MARSHALL, A. *Principles of economics*. 8. ed. Londres: Macmillan, 1980.

METCALFE, J. S. Competition, Fisher's principle and increasing returns in the selection process. *Journal of Evolutionary Economics*, v. 4, n. 4, p. 327-346, 1994.

_____. *Evolutionary economics and creative destruction*. Routledge, London and New York, 1998.

_____. Evolutionary approaches to population thinking and the problem of growth and development. In: DOPFER, K. (Ed.). *Evolutionary Economics: program and scope*. New York: Springer Science e Business Media, LLC, 2001. p.141-164 (Recent economic thought series, n. 74).

METCALFE, J. S.; RAMLOGAN, R. Creative destruction and the measurement of productivity change. *Revue de l'OFCE*, v. 95, n. 5, p. 373-397, 2006.

MICHOD, R. *Darwinian dynamics*. Princeton: Princeton University Press, 1999.

NELSON, R.; WINTER, S. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 1982.

PENROSE, E. Biological analogies in the theory of the firm. *The American Economic Review*, v. 42, n. 5, p. 804-819, 1952.

POSSAS, M. L.; KOBLITZ, A.; LICHA, A.; OREIRO, J. L.; DWECK, E. Um modelo evolucionário setorial. *Revista Brasileira de Economia*, v. 55, n. 3, p. 333-377, 2001.

PRADO, E. Microeconomia reducionista e microeconomia sistêmica. *Nova Economia*, v. 16, n. 2, p. 303-322, 2006.

_____. Reduccionismo e dialética. 2010. Disponível em: <<http://eleuterioprado.files.wordpress.com/2010/07/baixar-texto-212.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2014.

PRICE, G. R. Selection and covariance. *Nature*, n. 227, p. 520-521, 1970.

_____. Extension of covariance selection mathematics. *Annals of Human Genetics*, n. 35, p. 485-490, 1972.

_____. The nature of selection. *Journal of Theoretical Biology*, v. 175, n. 3, p. 389-396, 1995.

ROCHA, F. Produtividade do trabalho e mudança estrutural das indústrias extrativa e de transformação brasileira, 1970-2001. *Revista de Economia Política*, v. 27, n. 2, p. 221-241, 2007.

SAFARZYNSKA, K.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M. Evolutionary models in economics: a survey of methods and building blocks. *Journal of Evolutionary Economics*, v. 20, n. 3, p. 329-373, 2010.

SCARPETTA, S.; HEMMINGS, P.; TRESSEL, T.; WOO, J. *The role of policy and institutions for productivity and firm dynamics: evidence from micro and industry data*. OECD Publishing, 2002 (OECD Economics Department Working Papers, n. 329).

SILVERBERG, G.; DOSI, G.; ORSENIGO, L. Innovation, diversity and diffusion: a self-organizing model. *Economic Journal*, n. 98, p. 1032-1054, 1988.

STOELHORST, J. Darwinian foundations for evolutionary economics. *Journal of Economic Issues*, v. 42, n. 2, p. 415-423, 2008.

SOLOW, R. A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 70, n. 1, p. 65-94, 1956.

VEBLEN, T. B. Why is economics not an evolutionary science? *The Quarterly Journal of Economics*, v. 4, n. 12, p. 373-397, 1898.

WINTER, S. Economic “natural” selection and the theory of the firm. In: HODGSON, G. M. *The foundations of evolutionary economics: 1890-1973*. Cheltenham: Edward Elgar, 1998.

WITT, U. On the proper interpretations of “evolution” in economics and its implications for production theory. *Journal of Economic Methodology*, v.11, n. 1, p. 125-146, 2004.

ZINOVYEVA, N. *Multilevel population thinking: the history and the use of the concept in economics*. Danish Research Unit for Industrial Dynamics, 2004 (DRUID working paper, n. 04-08).

