

## A construção do modelo não linear de inovação: Os primórdios do pensamento de Richard Nelson

Building the Non-Linear Innovation Model: The Beginnings of Richard Nelson's Thought

Ana Raquel Mechlin Prado<sup>a</sup>

Daniel Francisco Nagao Menezes<sup>b</sup>

**Resumo:** Este artigo tem, como objetivo central, mostrar que economistas da ciência nas décadas de 1950 e 1960 não desenvolveram o modelo linear de inovação, mas sim, adotaram uma representação interacionista das ligações entre ciência e tecnologia, para examinar seus fundamentos teóricos, sua relação histórica com as tendências mais recentes na economia da tecnologia e suas consequências para os debates recentes sobre políticas de patentes. A partir da discussão dos artigos seminais e mais recentes de Nelson sobre a economia da inovação, são examinadas as contribuições para a economia da inovação e da tecnologia realizadas por autores que influenciaram ou foram influenciados pelo pensamento de Nelson ou, mais amplamente, que pertenciam à sua rede acadêmica. A narrativa ocorre, portanto, tanto no nível historiográfico quanto no nível político. Com base nas contribuições de Nelson, argumenta-se que a representação interacionista da relação entre ciência e tecnologia baseou-se em uma abordagem evolucionária, desenvolvida entre os anos 1950 e 1960, e estava de acordo com a herança das contribuições clássicas de historiadores da ciência e tecnologia.

**Palavras-chave:** Modelo de Inovação; Teoria Evolucionária; Sistema Nacional de Inovação.

**Classificação JEL:** O3, O31, O34.

**Abstract:** This article aims to show that science economists in the 1950s and 1960s did not develop the linear model of innovation, but rather adopted an interactionist representation of the links between science and technology, to examine their theoretical foundations, their historical relationship with the latest trends in the economics of technology and their consequences for recent debates over patent policy. From a discussion of Nelson's seminal and more recent articles on the economics of innovation, the contributions to the economics of innovation and technology made by authors who influenced or were influenced by Nelson's thinking or, more broadly, who belonged to Nelson are examined. your academic network. Narrative takes place, therefore, at both the historiographical and the political level. Based on Nelson's contributions, it is argued that the interactionist representation of the relationship between science and technology was based on an evolutionary approach, developed between the 1950s and 1960s, and was in keeping with the heritage of classical contributions from historians of science. and technology.

**Keywords:** Innovation Model; Evolutionary Theory; National Innovation System.

**JEL Classification:** O3, O31, O34.

<sup>a</sup> Doutora em Administração de Empresas na Universidade Presbiteriana Mackenzie. Professora do Curso de Administração (CCT) da Universidade Presbiteriana Mackenzie. E-mail: [anarmprado@hotmail.com](mailto:anarmprado@hotmail.com).

<sup>b</sup> Doutor em Direito Político e Econômico na Universidade Presbiteriana Mackenzie. Professor da Faculdade de Direito da Universidade Presbiteriana Mackenzie. E-mail: [nagao.menezes@gmail.com](mailto:nagao.menezes@gmail.com).

## 1. Introdução

As evoluções contemporâneas nas relações entre governos, indústrias e universidades, especialmente aquelas resultantes de recentes reformas legais dos direitos de propriedade intelectual, como a Lei de Emendas à Lei de Patentes e Marcas (Lei Bayh-Dole) aprovada em 1980 nos Estados Unidos, levaram a numerosos debates em economia, sociologia e filosofia sobre os prós e os contras de uma suposta comercialização da ciência (Popp Berman, 2012) e a sua natureza pública. Na economia, esses debates reavivaram o interesse pela economia da inovação que surgiu no pós-guerra com os artigos seminais de Kenneth Arrow (1959, 1962) e Richard Nelson (1959b). Como David Hounshell (1997, 2000) mostra, os artigos de Nelson e Arrow sobre a economia da inovação no final dos anos 1950 e no início dos anos 1960 foram um produto do projeto de pesquisa da RAND Corporation sobre economia da inovação e desenvolvimento liderado por Burton Klein, dentro de um contexto mais amplo da Guerra Fria e de competição científica e tecnológica com o Oriente.

Em quase todas as contribuições para a economia da inovação, e sua história, ocorre a expressão “modelo linear de inovação”. O modelo linear é uma estrutura conceitual usada para examinar a relação entre ciência e tecnologia. Para entender suas características, devemos distinguir entre seus componentes estáticos e dinâmicos (Stokes, 2005). A parte estática do modelo linear implica uma diferença entre ciência e tecnologia: enquanto a ciência desenvolve conhecimentos sobre a natureza, a tecnologia desenvolve conhecimentos visando objetivos práticos. A parte dinâmica do modelo linear resulta que a tecnologia precisa da ciência anterior para se desenvolver. Consequentemente, o modelo linear postula que existe uma relação não simultânea e linear (unidirecional) entre os dois domínios da ciência e da tecnologia. A relevância do modelo linear para as políticas contemporâneas de ciência e tecnologia é, portanto, uma questão crucial que levou a numerosos estudos sobre suas origens, desenvolvimentos e consistência.

Historiadores da ciência e historiadores da economia examinaram o surgimento e a difusão do modelo linear. David Edgerton (2004) argumenta que o modelo linear é uma “invenção de comentadores acadêmicos” e afirma que os economistas não elaboraram ou difundiram o modelo linear.

Em contraste, Benoît Godin (2006; 2017) advoga que o modelo linear (que ele define como a sequência pesquisa básica - pesquisa aplicada - desenvolvimento - produção e difusão) não é encontrado no relatório, *Science - the Endless Frontier*, de Vannevar Bush, de 1945, e que os economistas participaram já na década de 1950 na estabilização e difusão do modelo. Para Godin (2006), enquanto o relatório de Bush e as contribuições de cientistas naturais acadêmicos e industriais seriam responsáveis pelo desenvolvimento dos vínculos estáticos e dinâmicos entre a pesquisa básica e a pesquisa aplicada (uma parte do modelo linear segundo Godin), os pesquisadores de negócios adicionaram desenvolvimento e os economistas desenvolveram a última etapa do modelo, ou seja, produção e difusão (Godin,

2006). Além disso, Godin (2006, p. 640) defende que Nelson participou da difusão do modelo linear no final da década de 1950. No entanto, Godin conclui que apesar de seu uso generalizado, o modelo linear de inovação teve seus oponentes. Já na década de 1960, numerosas críticas foram feitas a respeito, entre outras coisas, da linearidade do modelo (Schmookler, 1966; Price, Baas 1969; Myers, Marquis, 1969). No entanto, o modelo continuou a alimentar discursos públicos e análises acadêmicas - apesar da menção generalizada, nos mesmos documentos que usaram o modelo, que a linearidade era uma “ficção”. Assim, é difícil compreender como os acadêmicos participaram da difusão de um quadro analítico ao mesmo tempo que o consideravam uma ficção. Para Godin, as razões para a ampla difusão e uso do modelo linear residem em sua simplicidade - Godin, infelizmente, não fornece um critério de comparação - e em seu uso em estatísticas de política científica. O último argumento, no entanto, não está diretamente relacionado ao argumento de Godin sobre o papel desempenhado pelos economistas na estabilização do modelo linear.

Philip Mirowski é outro defensor do argumento de que os economistas elaboraram e difundiram o modelo linear na era da Guerra Fria. Em *Science-Mart, Privatizing American Science*, Mirowski (2011) argumenta que o modelo linear foi forjado como um acessório necessário para o desenvolvimento pós-guerra da teoria econômica neoclássica e foi elaborado quase sem qualquer investigação empírica nas histórias relevantes da ciência e tecnologia. Na mesma linha, ele observa que, na década de 1960, a combinação do modelo linear, o bem público e a mudança técnica definida por Solow se consolidaram na comunidade de política científica como a explicação de escolha da Guerra Fria. Ele também acrescenta sobre Arrow (1962) e Nelson (1959b) que procuraram combinar o modelo linear com a teoria dos bens públicos para dar conta da ciência como uma entrada para o crescimento econômico (Mirowski 2011, p. 58). Além disso, citando uma entrevista de Paul Samuelson por William Barnett (2004), Mirowski (2011, p. 52) argumenta que Samuelson foi o *ghostwriter* das passagens do relatório de Bush que supostamente continham o modelo linear. No entanto, embora Samuelson reconheça que participou da redação do relatório de Bush na entrevista (Barnett 2004, p. 531), ele nunca examina a questão do modelo linear (Samuelson, 2009). Na mesma linha de Mirowski, David Tyfield (2012) argumenta que, para apoiar o financiamento governamental da ciência, a velha economia da inovação usou um argumento de que a ciência básica semeia as inovações tecnológicas que, por sua vez, impulsionam a economia ao crescimento; um modelo linear de crescimento econômico com a ciência em sua fonte.

Mais recentemente, na mesma linha de Godin (2008, 2017) e Godin e Lane (2013, 623), Roger Backhouse e Harro Maas (2016) examinam o trabalho do economista Rupert Maclaurin (1950, 1953, 1954) - recrutado no MIT em 1936 e que se tornou o primeiro chefe da Seção de Relações Industriais criada em 1937 - e sugere, apesar das evidências textuais opostas, que Maclaurin foi um dos primeiros contribuintes para o desenvolvimento do modelo linear (Backhouse e Maas 2016). Deve-se notar que as contribuições de Nelson são usadas de uma forma instrumental na literatura recente sobre a história do modelo linear.

Em Balconi, Brusoni e Orsenigo (2010), como em Mirowski (2011), os artigos recentes de Nelson são usados como exemplos de críticas ao modelo linear, enquanto as contribuições iniciais são citadas, mas não estão diretamente relacionadas a essa questão.

Consequentemente, os estudos que argumentam que o modelo linear existiu nas décadas de 1950 e 1960 enfatizam o papel desempenhado pelos economistas em seu surgimento e difusão, enquanto aqueles que afirmam que ele nunca existiu não lidam especificamente com a influência dos economistas. Em outras palavras, as contribuições para a economia da inovação naquelas décadas são usadas para apoiar o argumento de que os economistas desempenharam um papel de liderança no desenvolvimento e difusão do modelo linear durante aquele período.

Em contraste com essa visão aceita, o objetivo deste artigo é mostrar que os economistas da ciência nas décadas de 1950 e 1960 não desenvolveram o modelo linear, mas adotaram uma representação interacionista das ligações entre ciência e tecnologia, para examinar seus fundamentos teóricos, sua relação histórica com as tendências mais recentes na economia da tecnologia e suas consequências para os debates recentes sobre políticas de patentes.

A revisão bibliográfica se concentra principalmente nos artigos seminais e mais recentes de Nelson sobre a economia da inovação, enfatizando que, para fortalecer e ampliar o escopo de nossa tese, também examinamos as contribuições para a economia da inovação e da tecnologia realizadas por autores que influenciaram ou foram influenciados pelo pensamento de Nelson ou, mais amplamente, que pertenciam à sua rede acadêmica, conforme revelado por instituições ou conferências comuns.

Nelson obteve seu doutorado em economia pela Yale University em 1956. Tornou-se professor assistente no Oberlin College em 1957, economista da RAND Corporation de 1957 a 1961 e de 1963 a 1968, consultor da RAND de 1968 a 1987 (Hounshell, 2000), professor associado do Carnegie Institute of Technology de 1960 a 1961, e membro sênior da equipe do Kennedy's Council of Economic Advisers de 1961 a 1963. Além disso, como observado anteriormente, Nelson é um dos fundadores da velha economia da inovação no 1950 e 1960 e, portanto, foi um pesquisador chave na área naquela época. Mostramos, neste artigo, que Nelson nunca desenvolveu o modelo linear e que sua representação interacionista da relação entre ciência e tecnologia se baseia em uma abordagem evolucionária que enfatiza o papel da continuidade histórica e da causalidade circular e leva a uma crítica às patentes. A narrativa ocorre, portanto, tanto no nível historiográfico quanto no nível político. A principal hipótese é que historiadores da ciência e tecnologia e historiadores da economia estão equivocados quando atribuem o desenvolvimento do modelo linear de inovação à economia do pós-guerra. Além disso, o estudo dos fundamentos teóricos da representação dos vínculos entre ciência e tecnologia adotados pelos economistas da ciência revela que os fundamentos evolutivos já estavam presentes nas décadas de 1950 e 1960 e, portanto, não são uma característica específica das pesquisas realizadas na área desde os anos 1980. Finalmente, as preocupações de Nelson no início do

presente século sobre o aumento do patenteamento (Nelson, 2001) em ciência e tecnologia devem ser totalmente compreendidas apenas quando sua adoção de representações interacionistas e evolucionárias das relações entre ciência e tecnologia é reconhecida.

Um ponto importante é que o desenvolvimento de Nelson de uma representação interacionista das ligações entre ciência e tecnologia nas décadas de 1950 e 1960 não é feito contra o modelo linear, simplesmente porque, para Nelson, este último não existia naquela época, e como observado acima, essa expressão difundiu-se apenas na década de 1980. Como Nelson observa em seus artigos seminais sobre a economia da inovação, nunca foi orientado a argumentar a favor ou contra o modelo linear (Nelson, 2006). Quando abordamos a crítica de Nelson - ou de outro autor - ao modelo linear ou um de seus componentes, isso deve ser considerado uma maneira conveniente de examinar a representação de Nelson das ligações entre ciência e tecnologia e contrastá-la com o que agora chamamos de “modelo linear”. Essa também é uma maneira conveniente porque, como observamos, a visão aceita na história da economia da inovação é que Nelson adotou e desenvolveu o modelo linear nas décadas de 1950 e 1960.

## **2. A Origem do Modelo Interativo**

As contribuições seminais de Nelson para as ligações entre ciência e tecnologia no final dos anos 1950 e no início dos anos 1960, não usavam o termo “tecnologia”, mas sim, “invenção”. Consideramos que, para Nelson, os dois termos são sinônimos. Mais especificamente, para Nelson, invenção é uma nova tecnologia. Como é mostrado mais tarde, a definição de Nelson de “invenção” é diferente de sua definição de “ciência” e enfatiza a aplicação concreta da pesquisa científica. Na época, essa característica aplicada era geralmente atribuída à tecnologia (Kline, 1995). Além disso, outros autores da rede de Nelson na década de 1960 combinaram ou relacionaram a invenção à tecnologia. Esse é o caso de Jacob Schmookler, que foi um ator fundamental para a economia da inovação nas décadas de 1950 e 1960. Em seu artigo de 1950, Schmookler adota uma definição legal de invenção, em que para ser patenteável, uma invenção deve consistir em novos meios para produzir um resultado físico. Definindo a tecnologia como um ramo do conhecimento, Schmookler argumenta que o progresso tecnológico compreende invenções, subinvenções (pequenas melhorias não patenteáveis) e princípios científicos aplicados - também não patenteáveis, embora dispositivos concretos que os utilizam possam ser patenteados. Em outras palavras, embora invenção e tecnologia não sejam - de acordo com Schmookler - sinônimos, a invenção é, no entanto, uma parte da tecnologia (Schmookler, 1966). Também podemos citar Thomas Kuhn que, em um comentário publicado em um volume do National Bureau of Economic Research (NBER) editado por Nelson (1962a) sobre um artigo de Irving Siegel, que contrasta as noções de descoberta e invenção, observa que o debate sobre a relação entre essas duas noções é geralmente estruturada usando as noções correspondentes de ciência e tecnologia:

Sou forçado a começar com um problema terminológico. Siegel usa as palavras “descoberta” e “invenção” de maneiras com as quais tenho pouco questionamento, mas que estão muito distantes do meu uso profissional habitual ... Em seu artigo, a invenção é “uma invenção proposital e prática baseada no conhecimento existente”; para o espectro de atividades correspondente, usarei os termos tecnologia, ciência aplicada e, talvez, engenharia. Novamente, e de forma mais significativa, Siegel usa descoberta para significar “um novo fato, princípio, teoria ou lei”; para as atividades que produzem esses resultados, empregarei o termo ciência ou, mais apropriadamente, ciência básica. Essa mudança de termos me permitirá descrever minha preocupação de maneiras mais claras e familiares (Kuhn, 2017, p. 151).

Com essa advertência conceitual em mente, podemos agora examinar as contribuições seminais de Nelson para a economia da inovação. Nós nos concentramos em três dos artigos de Nelson. O primeiro é “The Economics of Invention: A Survey of the Literature”, publicado em 1959 no *Journal of Business* (Nelson, 1959). Como sugere o título, o objetivo desse artigo era descrever o estado teórico e metodológico da arte na economia da inovação no final dos anos cinquenta. O segundo artigo examinado é “The Simple Economics of Basic Scientific Research” publicado em 1959 no *Journal of Political Economy* (Nelson, 1959b) e considerado o artigo seminal de Nelson sobre a economia da inovação. O último artigo que examinamos é “The Link Between Science and Invention: The Case of the Transistor”, publicado em 1962 (Nelson, 1962b). Esse artigo é importante por dois motivos. Primeiro, foi publicado no volume do NBER editado por Nelson (1962a), intitulado *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*. Este último contém as contribuições e comentários apresentados na conferência “Fatores Econômicos e Sociais que Determinam a Taxa e a Direção da Atividade Inventiva” realizada na Universidade de Minnesota de 12 a 14 de maio de 1960. Esta foi coordenada por Charles Hitch, chefe da divisão econômica da RAND que também trabalhou com economia de pesquisa e desenvolvimento (Hitch, 1958), conferência patrocinada conjuntamente pelo Comitê de Pesquisa Econômica das Universidades – National Bureau e pelo Comitê de Crescimento Econômico do Conselho de Pesquisa em Ciências Sociais (Nelson, 1962). Esse volume do NBER é visto como uma contribuição institucionalizando a economia da inovação como um campo de pesquisa (Godin, 2012; Lerner, Stern, 2012). O artigo de Nelson de 1962b, bem como os outros artigos incluídos naquele volume, teve uma influência importante nos desenvolvimentos teóricos e metodológicos subsequentes na economia da inovação. Em segundo lugar, a pesquisa de Nelson sobre a história do transistor é um artigo fundamental para sua rejeição completa do modelo linear.

## 2.1 A interação entre ciência e tecnologia

Em sua revisão da literatura sobre a economia da inovação, Nelson (1959, p. 105) argumenta que ciência e invenção devem ser conceitualmente distintas, embora tendam cada vez mais a estar vinculadas na prática. Isso sugere que Nelson adota o componente estático do modelo linear naquele artigo. No entanto, em contraste com a componente dinâmica do modelo linear, Nelson comenta na seção “Invention and Scientific

Knowledge” de seu artigo que, no laboratório de pesquisa do século XX, a ciência estimulou a invenção e a invenção estimulou a ciência. Além disso, para Nelson, ciência e tecnologia tendem cada vez mais a interagir no século XX. Se Nelson argumenta que a dinâmica entre ciência e tecnologia é interacionista, também sugere que as aplicações tecnológicas não precisam necessariamente de ciência anterior para se desenvolver, mas podem surgir por meio de procedimentos de tentativa e erro.

Além disso, nesse artigo, Nelson examina o livro de Seabury Gilfillan “The Sociology of Invention” (1935). Em contraste com as teorias do progresso tecnológico que associam cada invenção aos esforços revolucionários de um inventor heroico, Gilfillan adotou uma abordagem evolucionária para invenções e enfatizou a natureza gradual e contínua de seus desenvolvimentos. Uma invenção importante é um acréscimo perpétuo de pequenos detalhes. Uma invenção é uma evolução, ao invés de uma série de criações, e muito se assemelha a um processo biológico. Entre os trinta e oito princípios de invenção que Gilfillan identificou, o princípio quatro afirma que a invenção não precisa ser baseada na ciência anterior, frequentemente precede e evoca a ciência apropriada. A abordagem de Gilfillan para a invenção é, portanto, uma crítica da representação dinâmica das ligações entre ciência e invenção embutida no modelo linear. Gilfillan também enfatizou o papel desempenhado pelas necessidades sociais no desenvolvimento da invenção e sublinhou, como outra instância de sua abordagem evolucionária, o aspecto *learn-by-use* do aprimoramento das invenções. Como Nelson (1959) também observou, a ênfase de Gilfillan em processos de aprendizagem pelo uso ecoou a pesquisa sobre processos de aprendizagem na indústria de fuselagem e sua modelagem por meio de curvas de aprendizagem realizadas na RAND nos anos cinquenta.

Apesar de algumas críticas, Nelson (1959, p. 103) considerou a contribuição de Gilfillan um dos estudos mais interessantes de invenção, o que mostra que ele já possuía *insights* sobre o que seria a abordagem evolucionária do desenvolvimento de invenções já no final dos anos 1950. Devemos também notar que Gilfillan participou da conferência de Minnesota em 1960, quando comentou o artigo de Barkev Sanders sobre a questão da medição de invenções (Gilfillan, 1962; Sanders, 1962).

O argumento de Nelson sobre as relações estreitas entre ciência e tecnologia também é encontrado em seu artigo mais famoso sobre a economia da inovação, “The Simple Economics of Basic Scientific Research” (Nelson, 1959b), no qual defende o apoio público de atividades de pesquisa por causa das economias externas que elas acarretam (Nelson, 1963). Nesse artigo, Nelson descreveu a pesquisa científica como a atividade humana voltada para o avanço do conhecimento e a invenção como a atividade humana voltada para a criação de novos e melhores produtos e processos práticos. Essas citações sugerem que Nelson adota novamente o componente estático do modelo linear. Embora ele observe que, na instituição do laboratório de pesquisa industrial, as invenções geralmente resultam de um ataque sistemático a um problema, como em seu artigo de 1959a, Nelson (1959b, p. 299) enfatiza que as invenções podem se desenvolver sem conhecimento científico, questionando o componente dinâmico do modelo. Ainda que muitas invenções

sejam possíveis devido aos avanços do conhecimento científico, muitas outras requerem pouco conhecimento da ciência ou ocorrem muito depois de o conhecimento científico relevante estar disponível. Além disso, naquele artigo, Nelson acrescenta uma distinção entre “pesquisa científica básica” e “pesquisa científica aplicada” e argumenta que seria difícil distingui-las e que, no laboratório de pesquisa industrial, “ciência aplicada e invenção estão intimamente ligadas”.

## **2.2 Ciência Básica com Objetivos Práticos: História de Nelson das Origens do Transistor**

Nelson prosseguiu seu estudo das atividades inventivas por meio de uma história da invenção do transistor desenvolvida de 1949 a 1951 na Bell Telephone Laboratories (Gertner, 2012), especialmente pelo físico William Shockley (1950). Nesse artigo, o objetivo de Nelson era examinar, por meio de um estudo de caso histórico, o papel desempenhado pelo conhecimento científico em estimular mudanças na atividade inventiva. Nelson (1962b, p. 554) primeiro afirma que o conhecimento científico se determina por meio de um processo evolutivo com desenvolvimentos científicos atuais construídos sobre os anteriores. O estado atual do conhecimento é o resultado de um processo evolutivo operando em ideias. Nelson também se baseia em uma analogia evolucionária quando examina a questão da alocação de cientistas. Dada a natureza da pesquisa científica, e uma organização onde cientistas individuais têm um amplo grau de liberdade, a alocação do corpo científico entre alternativas concorrentes é provável que seja realizada por um processo evolutivo ou de seleção natural.

A história de Nelson das origens do transistor é uma contribuição fundamental na evolução de sua representação das ligações entre ciência e tecnologia. Esse artigo corresponde à sua rejeição do componente estático do modelo linear:

When I wrote my paper on “The Simple Economics of Basic Scientific Research” [1959b] I still was partly captive to the proposition, which unfortunately remains the conventional wisdom now as well as then, that “basic research” in a “scientific discipline” proceeds with little or no awareness of, much less interest in, potential practical applications. My research on the origins of the transistor shook those blinders from my eyes, and I came to recognize that in many scientific disciplines a considerable portion of the work that is called basic research proceeds, as Rosenberg suggested, with puzzles about how technology works, or more general practical problems that have a solution, very much in mind (Nelson, 2006, p. 909).

Em contraste com o componente estático do modelo linear, Nelson (1962b) mostra que vários cientistas do Bell Laboratory, incluindo Shockley, tinham objetivos práticos em mente quando realizaram suas pesquisas “básicas” sobre o transistor. Como Nelson, concluiu que uma das coisas mais importantes que podem ser aprendidas com a história do transistor é que a distinção entre pesquisa básica e pesquisa aplicada é confusa.

As contribuições de Nelson para a economia da inovação e invenção no final dos anos 1950 e no início dos anos 1960 testemunham que ele se opôs aos componentes estáticos e dinâmicos do modelo linear e desenvolveu uma representação interacionista das ligações entre ciência e tecnologia. É verdade que podemos encontrar nas primeiras contribuições de Nelson evidências textuais que poderiam ser usadas para apoiar a afirmação de que ele adotou o modelo linear, uma vez que afirmou que a ciência influencia a tecnologia. Como Nelson (1997) observou posteriormente, há muitos exemplos notáveis em que o modelo linear simples parece certo. Porém, segundo Nelson, o modelo linear é apenas um caso particular de representação mais complexa e interacionista dos vínculos entre ciência e tecnologia.

No final da década de 1960, as agências federais examinaram empiricamente as respectivas influências e relações entre as ciências básicas e aplicadas nos desenvolvimentos tecnológicos. Estabelecido pelo Gabinete do Diretor de Pesquisa e Engenharia de Defesa (Departamento de Defesa), o projeto Hindsight (1963-67) examinou o papel desempenhado pela ciência (em um período retrospectivo de vinte anos) no desenvolvimento de vinte sistemas de armas (Kreilkamp, 1971). O projeto distingue entre ciência básica ou não dirigida (que visa o avanço do conhecimento em seu próprio benefício), ciência aplicada ou dirigida e tecnologia e conclui que a influência da ciência não dirigida tem sido extremamente pequena. O relatório final (Department of Defense, 1969, p. iv) também enfatizou a interação do conhecimento científico e tecnológico com a ressalva de que a dinâmica e as relações causais entre o pesquisador nas ciências básicas e o cientista aplicado ou o tecnólogo não são completamente compreendidas ou destruídas. O Project Hindsight pode, portanto, ser considerado como lançando sérias dúvidas sobre o modelo linear. Além disso, como mostram Godin e Lane (2013) e Godin (2017), foi também na década de 60 que se desenvolveu (no projeto Hindsight) a ideia de que a necessidade ou a demanda do mercado - e não a ciência - eram os principais motores da inovação, levando a uma crítica ao modelo linear (Sherwin, Isenson, 1966; 1967). Em 1967, a National Science Foundation (NSF) respondeu ao projeto Hindsight com o projeto Traces - Retrospective Technology and Critical Events in Science - realizado no Instituto de Pesquisa de Tecnologia de Illinois (IITRI). Adotando uma metodologia diferente - especialmente um corte temporal maior - e examinando cinco inovações não militares, como o microscópio eletrônico e a pílula anticoncepcional, em contraste com o projeto Hindsight, o projeto Traces concluiu que a pesquisa “não orientada para a missão” - isto é, básica - era o principal motor das inovações examinadas. Além disso, o relatório Traces (IITRI, 1968) enfatizou a necessidade de uma melhor compreensão sobre a interação bidirecional entre ciência e tecnologia e observou que tanto pesquisas não-orientadas quanto pesquisas orientadas para a missão podem contribuir para o conhecimento científico fundamental. Os rastreamentos de projeto podem, portanto, ser considerados como elementos de suporte e críticos para o modelo linear. As questões da relação entre ciência e tecnologia e do respectivo papel desempenhado pelas ciências básicas e aplicadas na inovação estavam, até então, longe de ser resolvidas nos círculos políticos na década de 1960.

### **3. Fundamentos teóricos: a abordagem evolucionária e a causalidade circular**

A pesquisa de Nelson sobre a economia da inovação e da invenção no final dos anos 1950 e início dos anos 1960 é mais frequentemente definida como neoclássica. Por exemplo, Mirowski (2011, p. 58) classificam os artigos de Nelson (1959b) e de Arrow (1962) como principais defensores dos modelos de mercado da ciência neoclássicos. Tyfield (2012, p. 15) também argumenta que as contribuições de Arrow e Nelson para a economia da inovação são neoclássicas. Um estudo da teoria da causalidade em economia pode explicar essa caracterização. O modelo linear implica uma representação unidirecional de causalidade. Essa concepção da causalidade foi considerada como característica da economia “neoclássica” (Dopfer, 1986; 1994).

Tal caracterização é útil para economistas da ciência e historiadores da economia, pois permite agrupar as contribuições de Nelson e Arrow para a economia da inovação nas décadas de 1950 e 1960 sob o mesmo rótulo neoclássico, antes de diferenciá-lo da nova economia da inovação que surgiu em década de 1990 e seria mais heterodoxa devido à atenção que dedica à sociologia mertoniana da ciência, instituições e tópicos evolutivos (Dasgupta, David, 1994). Tyfield (2012) também apoia essa história canônica da economia da inovação. Para ele, a velha economia da inovação tornou-se insustentável devido às críticas feitas ao modelo linear, e ele caracteriza a nova economia da inovação de Dasgupta e David (1994) como “pós-neoclássico” (Tyfield, 2012, p. 15).

Contribuições para a história da economia da inovação, portanto, implicam que haveria duas versões de Nelson: uma neoclássica nas décadas de 1950 e 1960 e uma evolucionista desde os anos 1980 (Nelson, Winter, 2005). Em vez disso, argumentamos que o desenvolvimento de Nelson de uma representação interacionista das ligações entre ciência e tecnologia já no final dos anos 1950 é baseado em sua adoção de uma abordagem evolucionária que envolve uma representação circular de relações causais.

Um estudo do contexto institucional de Nelson nas décadas de 1950 e 1960 é crucial para compreender a influência da teoria evolucionária em suas contribuições naquela época. Como mostra Clément Levallois (2008), a influência desta teoria em Nelson na RAND surgiu por meio de três personagens principais: Armen Alchian, Sidney Winter e Burton Klein.

Primeiro, Alchian - economista (1949-1960) e consultor (1947-1949 e 1960-1964) na RAND (Hounshell, 2000, p. 293) - publicou em 1950 seu artigo clássico *Uncertainty, Evolution and Economic Theory*. Neste artigo, Alchian critica o pressuposto do comportamento de maximização do lucro e usa a analogia biológica da “seleção natural” para explicar a “sobrevivência” das empresas bem-sucedidas ou lucrativas (1950, p. 211). Geoffrey Hodgson (1999) mostra que o uso de Alchian de uma analogia biológica deve ser entendido no contexto mais amplo da emergência do neodarwinismo (uma síntese da teoria

de Darwin com a genética mendeliana) na década de 1940. Do ponto de vista institucional, Nelson estava, portanto, em relação direta com o pai da renovação do uso de analogias evolucionárias na economia na década de 1950. Em seu clássico de 1982 (2005 no Brasil), “An Evolutionary Theory of Economic Change”, Nelson e Winter observam que o artigo de Alchian de 1950 se destaca como um antecedente intelectual direto do presente trabalho.

Em segundo lugar, Winter, que defendeu seu mestrado (1957) e doutorado (1964) na Universidade de Yale, foi vinculado à RAND como economista (1959-1961 e 1966-1968) e consultor (1962-1966 e 1968-1972) (Hounshell, 2000, 295). Além disso, Winter foi (com Nelson) um membro da equipe do Conselho de Consultores Econômicos de Kennedy em 1961-1962. No mesmo ano em que ingressou na RAND (1959), Winter foi levado - por “eventos casuais” - a ler o artigo de Alchian de 1950, uma leitura que o levou a adotar uma abordagem evolucionária (Winter, 2000; 2005). Também deve-se notar que Winter participou da conferência de Minnesota em 1960 e comentou o artigo de Jacob Schmookler (1962) intitulado “Changes in Industry and in the State of Knowledge as Determinants of Industrial Invention”. Isso colocou Winter em contato direto com um dos primeiros oponentes do modelo linear.

Já em seu artigo de 1950, Schmookler argumenta que os avanços na ciência podem levar à invenção e vice-versa. Além disso, em sua contribuição de 1962, Schmookler distingue entre uma versão sofisticada da relação entre invenção e conhecimento em que as invenções derivam do conhecimento existente seja esse conhecimento científico, tecnológico ou outro e uma versão popular em que a base de conhecimento relevante consiste totalmente em ciência. Entre outras críticas, Schmookler (1966) observa que a variante popular negligencia a influência da técnica industrial na investigação científica e, como a variante sofisticada, não tem nenhuma consideração aparente para o efeito das considerações instrumentais na direção e nível do trabalho científico. Em seus artigos de 1962 e 1962b e, em Schmookler e Brownlee (1962), bem como no livro de 1966, Schmookler mostra usando estatísticas de patentes que as invenções são uma consequência - não uma causa - da demanda do mercado ou do volume de investimento de uma indústria. A teoria de demanda- atração de Schmookler é, portanto, também uma crítica ao modelo linear, uma vez que não é a ciência que leva principalmente a novas invenções, mas às condições econômicas (Godin, Lane, 2013). Schmookler (1966) observa que a atividade inventiva é, muitas vezes, tão entrelaçada com a pesquisa e o desenvolvimento que um cientista ou engenheiro pode ter problemas para decidir qual função estava desempenhando em um determinado momento, e critica ainda mais a representação do modelo linear em seu livro de 1966. Além disso, também aponta que se por visão convencional se entende a proposição de que uma dada descoberta científica não é apenas uma condição necessária, mas também normalmente uma condição suficiente para a ocorrência da última invenção com base nela.

Em um nível teórico, a abordagem evolucionária dos desenvolvimentos da ciência e da tecnologia leva a uma crítica às patentes devido ao papel que atribuem aos inventores. Na abordagem evolucionária, quase não há função para o inventor no desenvolvimento da

tecnologia porque eles são o resultado de avanços tecnológicos passados (representação contínua) e não do produto *ex nihilo* de um inventor heroico. Como as patentes personificam e datam os desenvolvimentos tecnológicos, elas resumem a representação cultural de que as invenções são o resultado de indivíduos que realizam realizações inovadoras. As patentes são, portanto, um aparato legal em conformidade com a abordagem descontínua para o desenvolvimento da tecnologia e em oposição à abordagem cumulativa ou contínua. Uma patente confere reconhecimento social a um inventor e distorce a extensão da dívida devida ao passado encorajando a ocultação da rede de laços que conduzem de artefatos anteriores relacionados (Basalla, 1988).

Terceiro, Burton Klein - um ex-aluno de Schumpeter em Harvard (Winter, 2005, p. 527), onde foi economista (1952-1967) e consultor (1949-1952) na RAND (Hounshell, 2000, p. 294) e chefe do departamento de economia da RAND (1963-1967) - recrutou Nelson na RAND em 1957 para trabalhar no projeto da corporação sobre economia de inovação e desenvolvimento criado em 1954 (Hounshell, 2000, p. 278). Nelson esteve envolvido nesse projeto até se mudar para o Conselho de Consultores Econômicos de Kennedy em 1961 (Hounshell, 2000, p. 295). Klein apresentou Nelson e Winter à economia evolucionária Schumpeteriana (Nelson, 2003). Deve-se notar que Klein publicou um capítulo no livro editado por Nelson em 1962 no qual enfoca as incertezas envolvidas nas decisões de desenvolvimento (Klein, 1962). Em relação à influência de Schumpeter, nas contribuições publicadas em 1962, Nelson observa que a referência explícita a Schumpeter é bastante limitada. Onde havia tal referência, estava principalmente em discussão se a inovação significativa em uma indústria exigia que as empresas nela fossem grandes. Winter (2005, p. 527) também lembrou que, na RAND, ele e Nelson se tornaram cada vez mais cientes de que estavam seguindo o caminho de Schumpeter e cada vez mais apreciativos de como a orientação do mestre realmente era valiosa. Além disso, a influência de Schumpeter é crucial para a compreensão do desenvolvimento subsequente da economia evolucionária por Nelson e Winter.

A influência destes pontos nas contribuições de Nelson também veio da escola Carnegie de economia representada por Herbert Simon (1947), James March e Richard Cyert (1963); James March e Herbert Simon (1958), que realizaram suas pesquisas no Carnegie Institute of Technology - que se fundiu com o Mellon Institute para formar a Carnegie Mellon University em 1967. A escola Carnegie investigou os processos de tomada de decisão das organizações com ênfase no realismo comportamental (Gavetti, Levinthal, Ocasio, 2007). Os estudos de organizações dessa escola Carnegie tiveram uma influência crucial sobre os estudiosos da RAND e, especialmente, sobre Nelson e Winter. Como Nelson observou, havia um interesse considerável na RAND em entender como as grandes organizações se comportavam. As teorias da Escola de Carnegie forneceram a base intelectual para um seminário informal de teoria da organização na RAND, que se reunia regularmente em meados dos anos 1960 (Nelson, 2003). Entre outros desenvolvimentos conceituais, a escola Carnegie enfatizou a influência de rotinas e práticas padronizadas, programas e procedimentos operacionais que servem para economizar na racionalidade

limitada (Gavetti, Levinthal, Ocasio, 2007) nos processos de tomada de decisão das organizações. Winter desenvolveu a ideia de que as rotinas desempenham o mesmo papel que os genes na teoria da evolução biológica (Nelson, 2003) - uma analogia que se tornou um princípio central do clássico de Nelson e Winter de 1982 (Nelson, Winter, 2005).

Como Kurt Dopfer (1986) mostrou, uma das principais diferenças entre o que ele chama de economia ortodoxa (neoclássica) e heterodoxa (institucional e evolucionária) está relacionada à teoria da causalidade que as duas abordagens adotam. De acordo com Dopfer, os economistas neoclássicos usam causalidade linear. Em um artigo posterior, Dopfer (1994, p. 147) observa que linear é para ele equivalente a unidirecional. Opondo suas abordagens à adotada pelos economistas neoclássicos, Dopfer (1986; 1994) argumenta que os institucionalistas e os economistas evolucionistas usam a causalidade circular em que os agentes e o ambiente não estão isolados, mas sim concebidos nas interações mútuas. Ambos são, portanto, não invariantes hipotéticos, mas eles próprios estão sujeitos a mudanças. Esta mudança ocasionada por causação recíproca, o que implica que A causa B e vice versa.

A teoria da causalidade adotada pelos economistas evolucionistas, portanto, consiste em uma representação interacionista ou circular das relações causais. Dopfer (1986) também mostra que os economistas evolucionistas teoricamente examinam as propriedades dinâmicas da causalidade circular com o uso da noção de causalidade cumulativa, Veblen, por exemplo. A adoção de Nelson de uma representação interacionista das ligações entre ciência e tecnologia em seus artigos seminais sobre a economia da inovação pode, portanto, ser considerada como um exemplo de uma de suas primeiras aplicações de uma abordagem evolucionária em economia.

#### **4. Paradigmas tecnológicos, a Velha Economia da inovação e o Modelo Não Linear**

Com base na abordagem evolucionária de Nelson e Winter (1977, 2005), Dosi (1982, 1984, 1988) desenvolveu a noção de paradigma tecnológico que pode ser definido como um “modelo” e um “padrão” de solução de problemas tecnológicos, com base em princípios selecionados derivados das ciências naturais e em tecnologias de materiais selecionados (Dosi, 1982, p. 152). Em um artigo mais recente, Dosi e Nelson (2013) explicam sua crítica ao modelo linear com três pontos principais. Em primeiro lugar, os desenvolvimentos científicos raramente são suficientes para os desenvolvimentos tecnológicos. Em segundo lugar, a tecnologia influencia a ciência - por exemplo, o microscópio eletrônico possibilitou desenvolvimentos nas ciências biológicas. Terceiro, não é incomum que as tecnologias sejam feitas para funcionar antes que se entenda por que elas funcionam. Portanto, discordamos de Godin e Lane (2013) que argumentam que Dosi seria um representante ideal de um retorno ao foco em descobertas científicas, como o fator causal final na geração de inovação, implicitamente tornando Dosi um defensor do modelo linear.

De acordo com Dosi (1982), a noção de um paradigma tecnológico está próxima da noção de um paradigma científico e, portanto, é uma referência ao uso da noção de paradigma por Thomas Kuhn (2017). Neste último, Kuhn faz uma distinção entre ciência e tecnologia, enfatizando o papel desempenhado pela tecnologia no fomento da ciência, rejeitando assim o componente dinâmico do modelo linear, que *“parte de nossa dificuldade em ver as profundas diferenças entre ciência e tecnologia deve estar relacionada com o fato de que o progresso é um atributo óbvio para ambos os campos”* (Kuhn, 2017, p. 160) e *“a tecnologia frequentemente desempenhou um papel vital no surgimento de novas ciências”* (Kuhn, 2017, p. 16).

Em seu artigo de 1954 “Conditions of American Technological Progress”, Siegel distingue entre crescimento econômico (definido como a medida incremental ou cumulativa referente a um desiderato significativo de uma sociedade, como a renda nacional), progresso econômico (classificado como a proporção de uma medida de crescimento para o tamanho da população) e progresso tecnológico (identificado como a proporção de uma medida abrangente de crescimento incremental, como produto nacional real, para a entrada de recursos total correspondente). O estudo de Siegel sobre o progresso tecnológico está embutido em uma representação circular e cumulativa das relações causais. Siegel sugere que existem cinco determinantes para o progresso tecnológico - homem, instituições econômicas privadas, outras instituições, resto do mundo e, natureza - que interagem e estão reciprocamente relacionados. Siegel observa que os cinco determinantes influenciam e são influenciados pelo desenvolvimento tecnológico. A teoria do progresso tecnológico de Siegel está, portanto, embutida em uma crítica das relações causais unidirecionais.

O segundo artigo de Siegel intitulado “The Role of Scientific Research in Stimulating Economic Progress”, publicado no mesmo ano da conferência de Minnesota (Siegel, 1960). Nesse artigo, o autor examina a natureza das ligações entre ciência e tecnologia e aplica a essa questão sua teoria circular e cumulativa da causalidade. Discutindo a palavra “estimular” usada no título de seu artigo, Siegel aponta que outra palavra como “afetando” teria sido preferível porque seria mais neutra, uma vez que permitiria a pesquisa ter restrição como bem como influências estimulantes. Além disso, Siegel observa que a palavra “estimular” não levaria em conta as influências recíprocas entre a pesquisa e o progresso econômico.

Em seu artigo intitulado “Scientific Discovery and the Rate of Invention” publicado em 1962 editado por Nelson, Siegel examina a relação entre a descoberta, definida como o ato de arrancar um segredo da natureza; e invenção, definida como invenção proposital e prática baseada no conhecimento existente. Isso sugere que ele adota o componente estático do modelo linear. No entanto, e na mesma linha de seus artigos anteriores, Siegel desenvolve uma representação interacionista de causalidade entre as duas noções. A teoria da causalidade de Siegel também diz respeito às ligações entre ciência,

tecnologia e sociedade. A ciência e a tecnologia influenciam a sociedade, e a sociedade, por sua vez, influencia a ciência e a tecnologia.

## Conclusão

Contra a visão aceita na economia da inovação e sua história, mostramos que os economistas da inovação nas décadas de 1950 e 1960 não desenvolveram o modelo linear de inovação e, em vez disso, adotaram uma representação interacionista da relação entre ciência e tecnologia. Focalizando nas contribuições de Nelson, argumentamos que essa representação é baseada em uma abordagem evolucionária - desenvolvida no final dos anos 1950 e início dos anos 1960 - e mostramos, a esse respeito, a continuidade entre a velha economia da inovação e as contribuições mais recentes para a economia da tecnologia. Vimos também que a representação interacionista dos economistas das ligações entre ciência e tecnologia desenvolvida nas décadas de 1950 e 1960 estava de acordo com a herança das contribuições clássicas de historiadores da ciência e tecnologia.

Em nível de política, é bem conhecido que Arrow (1962) e Nelson (1959b) enfatizaram os aspectos do bem público da ciência e da invenção em seus artigos seminais e, assim, apoiaram o financiamento público para a pesquisa científica. Mirowski (2011) argumenta que foi devido à influência em Arrow e Nelson dos artigos de Samuelson sobre bens públicos em meados dos anos 1950 (Samuelson, 1954) e acrescenta que nem Arrow nem Nelson prestaram atenção aos direitos de propriedade em suas contribuições seminais (Mirowski 2011, p. 59). Pelo contrário, Arrow e Nelson dão especial ênfase às patentes - especialmente de seus defeitos - quando examinaram a questão da (in)apropriabilidade do valor econômico das invenções (Arrow, 1959; Nelson, 1959b; Hitch, 1958). Além disso, questões de definição e medição - especialmente por meio de estatísticas de patentes - de atividades inventivas foram discutidas na conferência de Minnesota em 1960, com contribuições de Kuznets (1962) e Sanders (1962), então publicadas no livro de 1962 editado por Nelson.

Afirmamos que a defesa duradoura de Nelson da ciência e da tecnologia como pertencentes ao domínio público é uma consequência de sua abordagem evolucionária - e, portanto, de sua rejeição do modelo linear (Nelson, 2000). Na verdade, não apenas a ciência e a tecnologia interagem e deveriam ser capazes de fazê-lo, mas também se baseiam em seus desenvolvimentos passados e relacionados (Mazzoleni, Nelson, 1998; Nelson, 2004). Como Nelson (2001, p. 18) afirmou, é extremamente importante preservar um grande domínio para a ciência pública aberta e resistir à invasão dos direitos de propriedade privada nesse domínio. Além disso - e decorrente de sua adoção de princípios evolutivos de causalidade (Dopfer, 1986) - Nelson usa as noções de tecnologia cumulativa (Nelson, Winter, 2005; Nelson, 2000) e de tecnologias de sistemas cumulativos (Mazzoleni, Nelson, 1998) para representar o progresso tecnológico. Para Nelson, as tecnologias de sistemas cumulativos compreendem uma fração significativa do cenário tecnológico (Mazzoleni, Nelson, 1998, p. 281) e, por causa de seu desenvolvimento cumulativo, seu escopo de

patente deve ser estreito - e licenciamento cruzado amplo e fácil - a fim de não atrapalhar o progresso tecnológico (Merges, Nelson, 1990; Nelson, 2000).

As recentes preocupações de Nelson sobre o aumento de patentes e licenciamentos universitários e sobre as consequências da Lei Bayh-Dole (Nelson e Romer 1996; Nelson 1997; 2001) estão, portanto, totalmente em linha com o teórico e os fundamentos empíricos da economia da inovação que ele desenvolveu nas décadas de 1950 e 1960.

## Referências

ALCHIAN, A. Uncertainty, Evolution and Economic Theory. **Journal of Political Economy**, vol. 58, n. 3, p. 211-221, 1950.

ARROW, K. **Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention**. Santa Monica: RAND Corporation, 1959.

ARROW, K. The Economic Implications of Learning by Doing. **Review of Economic Studies**, vol. 29, n. 3, p. 155-173, 1962.

BACKHOUSE, R.; MAAS, H. Marginalizing Maclaurin: The Attempt to Develop and Economics of Technical Progress at MIT, 1940-1950. **History of Political Economy**, vol. 48, n. 3, p. 423-447, 2016.

BALCONI, M.; BRUSONI, S.; ORSENIGO, L. Defence of the Linear Model: An Essay. **Research Policy**, vol. 39, n. 1, p. 01-13, 2010.

BARNETT, W. An Interview with Paul A. Samuelson. **Macroeconomic Dynamics**, vol. 8, p. 519-542, 2004.

BASALLA, G. **The Evolution of Technology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

CYERT, R.; MARCH, J. **A Behavioral Theory of the Firm**. Englewood: Prentice-Hall, 1963.

DASGUPTA, P; DAVID, P. Toward a New Economics of Science. **Research Policy**, vol. 23, n. 5, p. 487-521, 1994.

DEPARTMENT OF DEFENSE. **Project Hindsight. Final Report**. Washington: Office of the Director of Defense Research and Engineering, 1969.

DOPFER, K. Causality and Consciousness in Economics: Concepts of Change in Orthodox and Heterodox Economics. **Journal of Economic Issues**, vol. 20, n. 2, p. 509-523, 1986.

DOPFER, K. The Phenomenon of Economic Change: Neoclassical vs. Schumpeter Approaches. In MAGNUSSON, L. (ed.) **Evolutionary and Neo-Schumpeterian Approaches to Economics**. London: Kluwer Academic Publishers, p. 125-171, 1994.

DOSI, G. Technological Paradigms and Technological Trajectories: a Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change. **Research Policy**, vol. 11, n. 3, p. 147-162, 1982.

DOSI, G. **Technical Change and Industrial Transformation: The Theory and an Application to the Semiconductor Industry**. New York: St. Martin's Press, 1984.

DOSI, G. Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation. **Journal of Economic Literature**, vol. 26, n. 3, p. 1120-1171, 1988.

DOSI, G.; NELSON, R. The Evolution of Technologies: An Assessment of the State-of-the-Art. **Eurasian Business Review**, vol. 3, n. 1, p. 03-46, 2013.

EDGERTON, D. The Linear Mode' Did Not Exist: Reflections on the History and Historiography of Science and Research in Industry in the Twentieth Century. in GRANDIN, K.; WORMBS, N.; WIDMALM, S. (eds.) **The Science-Industry Nexus: History, Policy. Implications: Nobel Symposium 123**. Sagamore Beach: Science History Publications, p. 31-65, 2004.

GAVETTI, G.; LEVINTHAL, D.; OCASIO, W. Neo-Carnegie: The Carnegie School's Past, Present and Reconstructing for the Future. **Organization Science**. vol. 18, n. 3, p. 523-536, 2007

GERTNER, J. **The Idea Factory: Bell Labs and the Great Age of American Innovation**. London: The Penguin Press, 2012.

GILFILLAN, S. **The Sociology of Invention**. Chicago: Follett, 1935.

GILFILLAN, S. Comment. In NELSON, R. (ed.) **The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors**. Princeton: National Bureau of Economic Research, p. 83-85, 1962.

GODIN, B. The Linear Model of Innovation: The Historical Construction of an Analytical Framework. **Science, Technology and Human Values**, vol. 31, n. 6, p. 639-667, 2006.

GODIN, B. In the Shadow of Schumpeter: W. Rupert Maclaurin and the Study of Technological Innovation. **Minerva**, vol. 46, n. 3, p. 343-360, 2008.

GODIN, B. Innovation Studies: the Invention of a Specialty. **Minerva**, vol. 50, n. 4, p. 397-421, 2012.

GODIN, B. **Models of Innovation. The History of an Idea**. Cambridge: MIT Press, 2017.

GODIN, B.; LANE, J. Pushes and Pulls. Hi(S)tory of the Demand Pull Model of Innovation. **Science, Technology, & Human Values**, vol. 38, n. 5, p. 621-654, 2013.

HITCH, C. The Character of Research and Development in a Competitive Economy. **RAND paper P-1297**. Santa Monica: RAND Corporation, 1958.

HODGSON, G. **Evolution and Institutions: On Evolutionary Economics and the Evolution of Economics**. Cheltenham: Edward Elgar, 1999.

HOUNSHELL, D. The Cold War, RAND, and the Generation of Knowledge, 1946–1962. **Historical Studies in the Physical and Biological Sciences**, vol. 27, n. 2, p. 237-267, 1997.

HOUNSHELL, D. The Medium is the Message, or How Context Matters: The RAND Corporation Builds an Economics of Innovation, 1946–1962. In HUGHES, A.; HUGHES, T. (eds.) **Systems, Experts, and Computers**. Cambridge: MIT Press, p. 253-310, 2000.

ILLINOIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE (IITRI). **Technology in Retrospect and Critical Events in Science (TRACES)**, Vol. 1. Washington: National Science Foundation, 1968.

KLEIN, B. The Decision Making Problem in Development. In NELSON, R. (ed.) **The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors**. Princeton: National Bureau of Economic Research, p. 477-508, 1962.

KLINE, R. Construing ‘Techonology’ as ‘Applied Science’: Public Rhetoric of Scientists and Engineers in the United States, 1880–1945. **Isis**, vol. 86, n. 2, p. 194-221, 1995.

KREILKAMP, K. Hindsight and the Real World of Science Policy. **Science Studies**, vol. 1, n. 1, p. 43-66, 1971.

KUHN, T. Comment. In NELSON, R. (ed.) **The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors**. Princeton: National Bureau of Economic Research, p. 450-457, 1962.

KUHN, T. **A Estrutura das revoluções científicas**. 13ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2017.

KUZNETS, S. Inventive Activity: Problems of Definition and Measurement. In NELSON, R. (ed.) **The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors**. Princeton: National Bureau of Economic Research, p. 19-52, 1962.

LERNER, J.; STERN, S. **The Rate and Direction of Inventive Activity Revisited**. Chicago: The University of Chicago Press, 2012.

MACLAURIN, R. The Process of Technological Innovation: The Launching of a New Scientific Industry. **American Economic Review**, vol. 40, n. 1, p. 90-112, 1950.

MACLAURIN, R. The Sequence from Invention to Innovation and its Relation to Economic Growth. **Quarterly Journal of Economics**, vol. 67, n. 1, p. 97-111, 1953.

MACLAURIN, R. Technological Progress in Some American Industries. **American Economic Review**, vol. 44, n. 2, p. 178-189, 1954.

MARCH, J.; SIMON, H. **Organizations**. New York: Wiley, 1958.

MAZZOLENI, R.; NELSON, R. The Benefits and Costs of Strong Patent Protection: A Contribution to the Current Debate. **Research Policy**, vol. 27, n. 3, p. 273-284, 1998.

MERGES, R.; NELSON, R. On the Complex Economics of Patent Scope. **Columbia Law Review**, vol. 90, p. 839-916, 1990.

MIROWSKI, P. **Science-Mart: Privatizing American Science**. Cambridge: Harvard University Press, 2011

MYERS, S.; MARQUIS, D. **Successful Industrial Innovations: A Study of Factors Underlying Innovation in Selected Firms**. Washington: National Science Foundation, 1969.

NELSON, R. The Economics of Invention: A Survey of the Literature. **Journal of Business**, vol. 32, n. 2, p. 101-127, 1959.

NELSON, R. The Simple Economics of Basic Scientific Research. **Journal of Political Economy**, vol. 67, n. 3, p. 297-306, 1959.

NELSON, R. **The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors**. Princeton: National Bureau of Economic Research, 1962.

NELSON, R. The Link Between Science and Invention: The Case of the Transistor. In NELSON, R. (ed.) **The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors**. Princeton: National Bureau of Economic Research, p. 549-584, 1962.

NELSON, R. The Impact of Arms Reduction on Research and Development. **American Economic Review**, vol. 53, n. 2, p. 435-446, 1963.

NELSON, R. A Science Funding Contrarian. Review of The Economic Laws of Scientific Research, **Issues in Science and Technology**, vol. 14, n. 1, 1997.

NELSON, R. **The Sources of Economic Growth**. Cambridge: Harvard University Press, 2000.

NELSON, R. Observations on the Post-Bayh-Dole Rise of Patenting at American Universities. **Journal of Technology Transfer**, vol. 26, n. 1, p. 13-19, 2001.

NELSON, R. **Origins and Factors Shaping our Joint Work Developing an Evolutionary Theory of Economic Change**. Trabalho apresentando em 16 de outubro de 2003, Wharton School, University of Pennsylvania. Disponível em: [etss.net/index.php?/weblog/reference/Richard\\_nelson\\_on\\_sidney\\_winter/](http://etss.net/index.php?/weblog/reference/Richard_nelson_on_sidney_winter/)

NELSON, R. The Market Economy, and the Scientific Commons. **Research Policy**, vol. 33, n. 3, p. 455-471, 2004.

NELSON, R. Reflections on 'The Simple Economics of Basic Scientific Research': Looking Back and Looking Forward. **Industrial and Corporate Change**, vol. 15, n. 6, p. 903-917, 2006.

NELSON, R.; ROMER, P. Science, Economic Growth, and Public Policy. **Challenge**, vol. 39, n. 1, p. 09-21, 1996.

NELSON, R.; WINTER, S. In Search of a Useful Theory of Innovation. **Research Policy**, vol. 6, n. 1, p. 36-76, 1977.

NELSON, R.; WINTER, S. **Uma Teoria Evolucionária da Mudança Econômica**. Campinas: Unicamp, 2005

POPP BERMAN, E. **Creating the Market University: How Academic Science Became an Economic Engine**. Princeton: Princeton University Press, 2012.

PRICE, W.; BAAS, L. Scientific Research and the Innovative Process. **Science**, vol. 164, n. 3881, p. 802-806, 1969.

SAMUELSON, P. The Pure Theory of Public Expenditure. **Review of Economics and Statistics** vol. 36, n. 4, p. 387-389, 1954.

SAMUELSON, P. Three Moles. **Bulletin of the American Academy**, vol. 58, n. 2, p.83-84, 2009.

SANDERS, B. Some Difficulties in Measuring Inventive Activity. In NELSON, R. (ed.) **The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors**. Princeton: National Bureau of Economic Research, p. 53-90, 1962.

SCHMOOKLER, J. The Interpretation of Patent Statistics. **Journal of the Patent Office Society**, vol. 32, n. 2, p. 123-146, 1950.

SCHMOOKLER, J. Changes in Industry and in the State of Knowledge as Determinants of Industrial Invention. In NELSON, R. (ed.) **The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors**. Princeton: National Bureau of Economic Research, p. 195-232, 1962.

SCHMOOKLER, J. Economic Sources of Inventive Activity. **Journal of Economic History**, vol. 22, n. 1, p. 1-20, 1962.

SCHMOOKLER, J. **Invention and Economic Growth**. Cambridge: Harvard University Press, 1966.

SCHMOOKLER, J.; BROWNLEE, O. Determinants of Inventive Activity. **American Economic Review**, vol. 52, n. 2, p. 165-176, 1962.

SHERWIN, C.; ISENSON, R. **First Interim Report on Project Hindsight (Summary)**. Washington: Office of the Director of Defense Research and Engineering, Department of Defense, 1966.

SHERWIN, C.; ISENSON, R. Project Hindsight: A Defense Department Study of the Utility of Research. **Science**, vol. 156, n. 3782, p. 1571-1577, 1967.

SHOCKLEY, W. **Electrons and Holes in Semiconductors**. Princeton: Van Nostrand, 1950.

SIEGEL, I. Conditions of American Technological Progress. **American Economic Review**, vol. 44, n. 2, p. 161-177, 1954.

SIEGEL, I. The Role of Scientific Research in Stimulating Economic Progress. **American Economic Review**, vol. 50, n. 2, p. 340-345, 1960.

SIEGEL, I. Scientific Discovery and the Rate of Invention. In NELSON, R. (ed.) **The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors**. Princeton: National Bureau of Economic Research, p. 441-458, 1962.

SIMON, H. **Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization**. New York: Macmillan, 1947.

STOKES, D. E. **O Quadrante de Pasteur: A Ciência Básica e a Inovação Tecnológica**. Campinas: UNICAMP, 2005.

TYFIELD, D. **The Economics of Science: A Critical Realist Overview. Vol. 1: Illustrations and Philosophical Preliminaries**. London: Routledge, 2012.

WINTER, S. **The Evolution of Dick Nelson**. Paper apresentado no Richard Nelson Fest, Columbia University, October 13, 2000. Disponível em: [etss.net/evolution/reviews/Nelson\\_Fest\\_Winter\\_Speech.htm](http://etss.net/evolution/reviews/Nelson_Fest_Winter_Speech.htm).

WINTER, S. Developing Evolutionary Theory for Economics and Management.” In KEN G. S.; HITT, M. A. (eds.) **Great Minds in Management. The Process of Theory Development**. Oxford: Oxford University Press, p. 509-546, 2005.