

Modelo de Processo Tecnológico: Uma descrição de Evolução Histórica de Modelo Linear para Modelo Interativo

Resumo

Pelo período de aproximadamente três décadas, o pensamento sobre ciência e tecnologia foi dominado por um modelo linear de inovação sendo que o desenvolvimento, a produção e a comercialização de novas tecnologias adotava um encadeamento temporal definido. Modelos começavam nas atividades de pesquisa, passavam por uma etapa de desenvolvimento de produto, e somente então chegavam à produção e casual comercialização. Recentes estudos passaram a argumentar que a influência da demanda e do mercado eram fundamentais na determinação da direção e da taxa de mudança técnica. Atualmente, o processo de inovação foi reconhecido como sendo caracterizado por interações e *feedbacks* contínuos. O método utilizado na pesquisa se classifica de natureza aplicada, de abordagem qualitativa, com objetivo exploratório e descritivo, e em relação aos procedimentos técnicos, a pesquisa utilizou a pesquisa bibliográfica. O modelo proposto interativo de inovação contraria o modelo linear, pois ressalta o papel central do *design*, dos sucessivos *feedbacks* do mercado para a tecnologia e as interações entre ciência, tecnologia e usuários em todas as fases do processo de inovação.

Palavras-chave: Inovação. Processos Tecnológicos. Modelo Linear. Modelo Interativo.

1 INTRODUÇÃO

Com o advento da “economia baseada no conhecimento”, as atividades de ciência e tecnologia se deslocaram para o centro do debate público e das prioridades políticas dos governos. Nas últimas décadas, a eficiência e efetividade dos sistemas de inovação tornaram-se foco de preocupação e de estudos que visavam alcançar maior compreensão de sua dinâmica e construir indicadores que pudessem fornecer um panorama do estado da C, T & I (Ciência, Tecnologia e Inovação) antecipar as consequências dos avanços científicos e da mudança tecnológica e avaliar as demandas e resultados das atividades inovadoras (CONDE; ARAÚJO-JORGE, 2003).

A utilização de modelos para a análise da C&T (Ciência e Tecnologia) remete ao período de institucionalização da ciência no pós-guerra. O relatório *Science, the Endless Frontier* elaborado por Vannevar Bush em 1945, estabeleceu um novo paradigma de política científica e tecnológica, adotado ao final da década de 1950 pela maioria dos países industrializados, que difundiu uma concepção da dinâmica da inovação que ficou conhecida como “modelo linear de inovação” (BUSH, 1945).

As organizações permanecem para atender, por intermédio de seus produtos e serviços, às necessidades humanas. A expectativa de sobrevivência da organização em uma economia de mercado livre é adequada a sua capacidade de desenvolver novos produtos. A ideia é alentada pelo fato de as empresas de classe mundial buscar entre 40% a 70% de sua receita gerada por produtos que foram desenvolvidos e lançados dentro dos últimos três anos. Sendo assim, o desenvolvimento de produtos admite papel importante como fator de sobrevivência e competitividade (MATTOS, 2005).

Considerando esse cenário, as empresas se veem na necessidade de manter um processo de inovação presente em uma nova forma de gestão, mais participativa e interativa. De acordo com Olea (2001), a inovação deixou de ser um fenômeno gerado pelo talento de certos indivíduos, para transformar-se em um autêntico processo organizado, multidisciplinar,

contínuo e permanente, em que participam grupos coletivos vinculados a diversos campos profissionais, mas com objetivos e metas congruentes.

O objetivo da pesquisa é descrever, com base em pesquisas de processo de inovação, a evolução de modelos que configuram processos de inovação, suas formas e sistemas de gerenciamento. O artigo está estruturado a partir da introdução, pelo referencial teórico, onde são abordadas as gerações dos modelos de processos de inovação. Na seção da análise dos resultados, são atribuídas críticas de autores aos modelos lineares de inovação. Como conclusão da pesquisa, segue a seção com as considerações finais frente aos resultados e por fim, segue as referências abordadas na pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

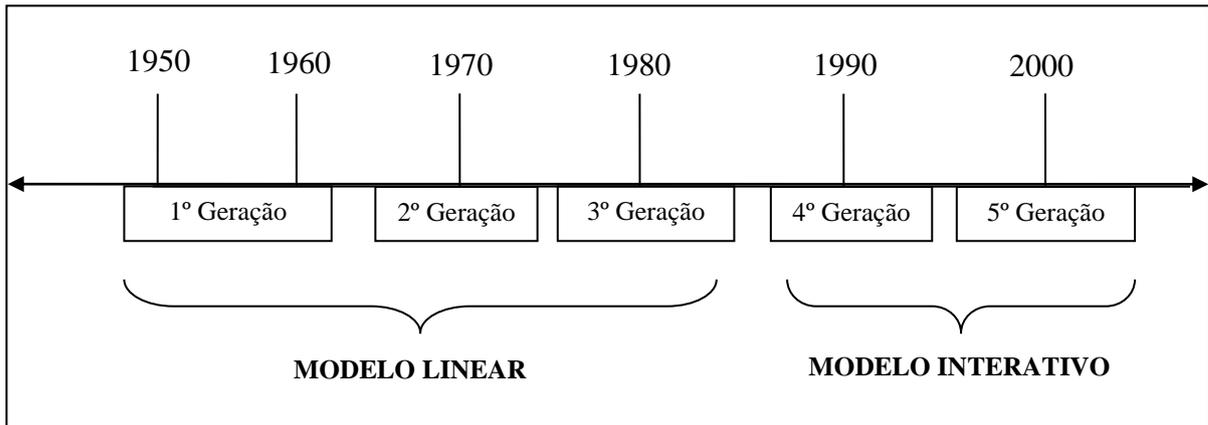
2.1 O PROCESSO DE INOVAÇÃO

Apesar do papel fundamental da inovação no desenvolvimento ter alcançado consenso em nível mundial, os complexos processos geradores de inovação e seus impactos econômicos e sociais ainda estão insuficientemente estudados e compreendidos. O termo inovação pode ter diferentes significados em distintos contextos e a escolha irá depender dos objetivos particulares da análise ou mensuração que se pretende realizar (OECD, 1997).

De acordo com Dosi et al. (1988) e Lundvall (1992), a inovação tecnológica está associada a produtos, serviços ou processos. Segundo o programa Tecnologia/Economia (TEP) da OCDE (1992), o processo de inovação é a utilização, aplicação e transformação de conhecimentos científicos para resolver problemas concretos. Um processo de inovação específico só se completa quando novos conhecimentos estiverem definitivamente incorporados em produtos, processos produtivos, técnicas de gestão, orientações estratégicas entre outros, atendendo os objetivos que dele se esperam (BARBIERI, 2004, p. 54). Segundo o autor, um processo de inovação é constituído por atividades relacionadas com a geração e seleção de ideias, desenvolvimento e implementação das opiniões selecionadas, obtenção e sustentação dos resultados. Na prática, nem sempre esse processo se apresenta com esta linearidade, e nem sempre se consegue determinar quando um projeto de inovação importante está realmente finalizado.

Para Rothwell (1994), a evolução do processo de inovação tecnológica pode ser dividida em cinco gerações conforme ilustrado na Figura 1, onde a cada evolução a geração anterior é superada. Para que ocorra inovação tecnológica, uma invenção precisa adquirir valor de mercado. Esta invenção, na maioria das vezes, surge nas universidades e centros de pesquisa e precisa ser transferida para o setor produtivo, onde recebe um valor de mercado tornando-se uma inovação tecnológica. Uma das formas de transferir esta nova tecnologia é por meio de interação universidade empresa, pressupondo-se que haja em cada geração do processo de inovação, um modelo de interação universidade-empresa que viabilize a transferência de tecnologia.

Figura 1 - Gerações do processo de inovação



Fonte: Adaptado de Rothwell (1994)

2.2 O MODELO DE INOVAÇÃO LINEAR

O modelo de inovação linear destaca-se entre o período que compreende os anos de 1950 a 1986. Neste período, a inovação foi reconhecida como resultado de um processo de geração de conhecimento que vai desde a pesquisa básica, que é um modo de produzir conhecimentos científicos, até a sua aplicação na prática, ou seja, a inovação é induzida pela oferta de conhecimentos, por esse motivo, esse modelo também deve ser conhecido como modelo "ofertista" ou pela expressão *science push* (BARBIERI, 2004).

O modelo linear imperou até 1970, quando passou a ser questionado, pois até o momento havia sido considerado como o único apropriado de interpretar o processo de obtenção de inovações e novas tecnologias. Essa tecnologia é gerada como resultado de uma cadeia de atividades compartilhadas, sucessivas e independentes entre si, as quais requerem um desenvolvimento próprio e distinto das demais, para poder exercer eficientemente sua tarefa (OLEA, 2001).

A concepção linear e a mudança técnica eram compreendidas como uma sequência de estágios, em que novos conhecimentos advindos da pesquisa científica levariam a processos de invenção que seriam seguidos por atividades de pesquisa aplicada e desenvolvimento tecnológico resultando, ao final da cadeia, na introdução de produtos e processos comercializáveis (CONDE; ARAÚJO-JORGE, 2003).

As abordagens lineares da inovação guiam-se em duas áreas de teorização sobre o crescimento e desenvolvimento: a) as teorias clássicas: abordam a inovação de modo mecanicista a partir de variáveis internas às empresas e como produto de seus processos internos; b) teorias neoclássicas: procuram incorporar às forças externas e atribuir à mudança técnica a fatores externos. Em ambos os casos os investimentos em capital físico e humano são determinantes centrais do desenvolvimento tecnológico e a inovação deriva de uma série sucessiva de etapas em uma contínua linear (EBNER, 2000; JACKSON, 1999).

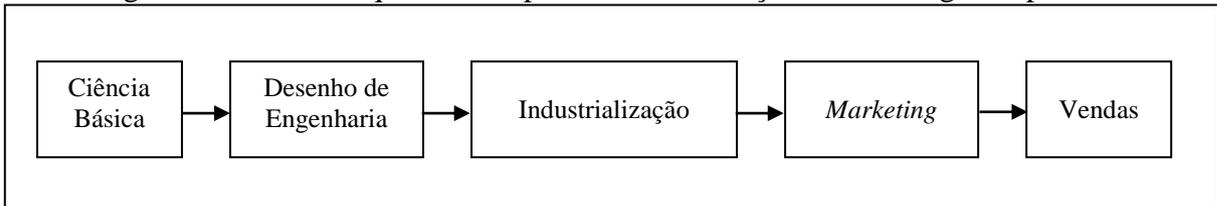
2.3 GERAÇÕES DE MODELOS DE PROCESSOS DE INOVAÇÃO

2.3.1 Primeira Geração dos Modelos de Processos de Inovação

Conforme Rothwell (1994), a primeira geração, entre a década de 1950 e a metade da década de 1960, ficou caracterizada pelo modelo *technology push* ou tecnologia empurrada. Nesse modelo, o processo de inovação é sequencial, linear e simples, com ênfase em P&D onde o mercado é apenas um receptor dos resultados das pesquisas desenvolvidas na universidade. A partir dos resultados da pesquisa básica desenvolvida pelos cientistas, é encaminhado o desenho e a engenharia de um novo produto, advindo pelas fases de

industrialização, *marketing* e vendas. A ideia é que se houver mais pesquisa e desenvolvimento dentro da empresa, os novos produtos apresentarão êxito no mercado. A tecnologia desenvolvida é portanda empurrada para o mercado conforme ilustrado na Figura 2. As pesquisas desenvolvidas dentro da universidade podem originar invenção, que se transforma em uma nova tecnologia para as empresas. Não há preocupação com a demanda. A nova tecnologia é uma consequência da ciência produzida pelos cientistas, ou seja, nesta perspectiva a investigação científica é considerada exógena ao mercado. Não há uma preocupação dos pesquisadores com o mercado consumidor.

Figura 2 - Modelo sequencial do processo de inovação da tecnologia empurrada



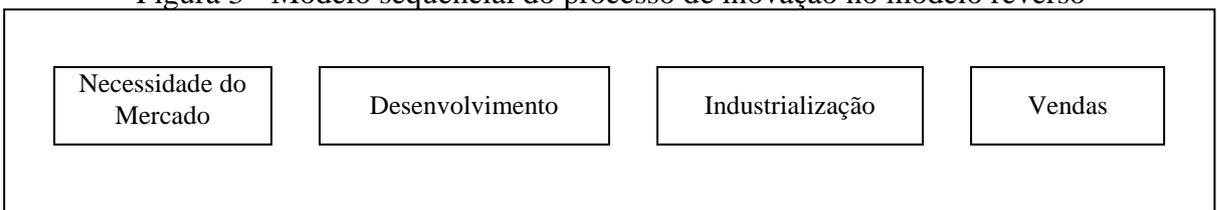
Fonte: Rothwell (1994)

2.3.2 Segunda Geração dos Modelos de Processos de Inovação

O modelo *market pull* ou modelo reverso principia a segunda geração dos processos de inovação, a partir da metade da década de 1960 até o início da década de 1970. O modelo considera que os novos produtos introduzidos no mercado são baseados especialmente na existência de tecnologias e, em muitas áreas, demanda e ofertas estão em equilíbrio.

Desta forma, o processo é sequencial, linear e com *feedback* da empresa, havendo uma busca das necessidades do mercado (*need pull* ou *market pull*). O mercado serve como gerador de ideias a fim de direcionar P&D (Pesquisa e Desenvolvimento), os quais possuem um papel puramente reativo no processo de inovação. A partir de uma necessidade identificada no mercado, é desenvolvido o protótipo de um novo produto e em seguida, inicia-se o processo de industrialização do produto para ofertar ao mercado conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Modelo sequencial do processo de inovação no modelo reverso



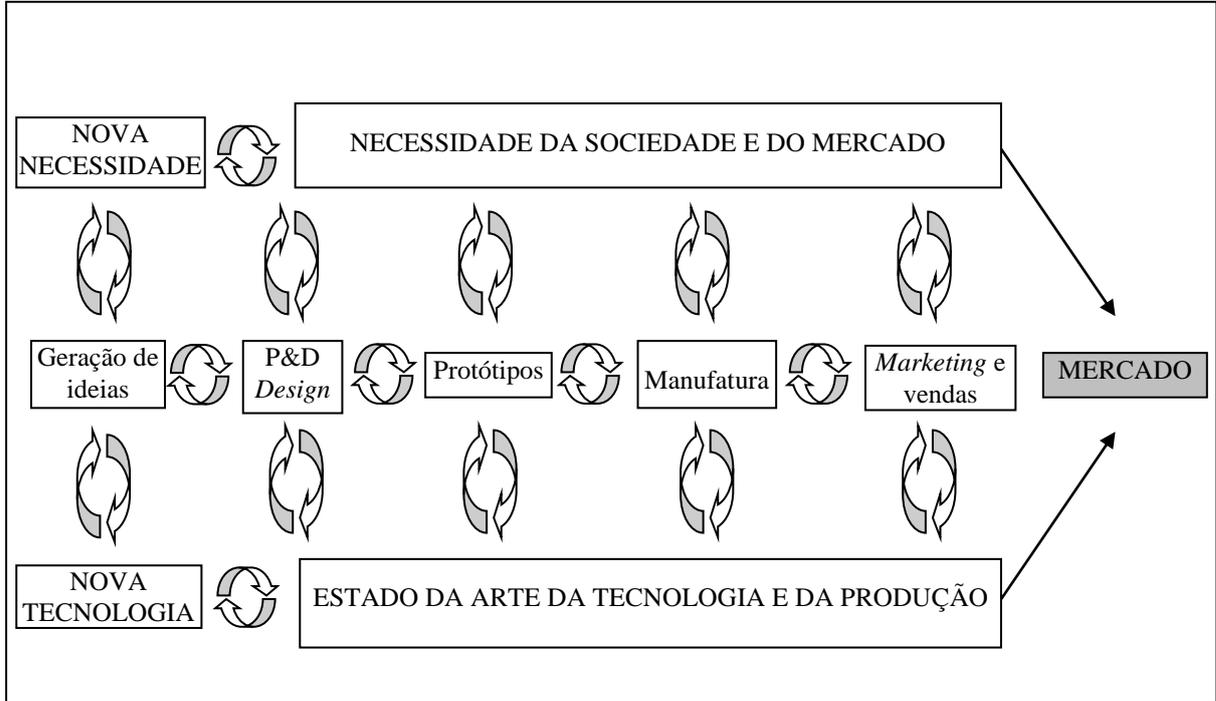
Fonte: Rothwell (1994)

2.3.3 Terceira Geração dos Modelos de Processos de Inovação

A terceira geração do processo de inovação ocorreu na década de 1970 à década de 1980, onde procura o equilíbrio entre pesquisa, desenvolvimento e necessidades do mercado (ROTHWELL, 1994). Para Rothwell e Zegveld (1985), o *coupling model* ou modelo combinado é caracterizado por um processo sequencial lógico, contínuo, que pode ser dividido em uma série de etapas distintas, mas que interagem e possuem etapas interdependentes. O processo de inovação ocorre inserido em uma rede complexa de comunicação intra e extraorganizacional, que liga a empresa à comunidade científica e tecnológica e a outras empresas do mercado que também buscam inovar.

De um modo geral, a necessidade identificada no mercado, adicionada a uma nova tecnologia dos centros de pesquisa geram uma nova ideia, que por sua vez, é desenvolvida pelos pesquisadores. Devido ao constante acompanhamento do estado da arte em tecnologia e produção e, por conseguinte, das necessidades da sociedade e do mercado, um novo produto é desenvolvido e lançado no mercado conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Modelo sequencial do processo de inovação no modelo combinado



Fonte: Rothwell (1994)

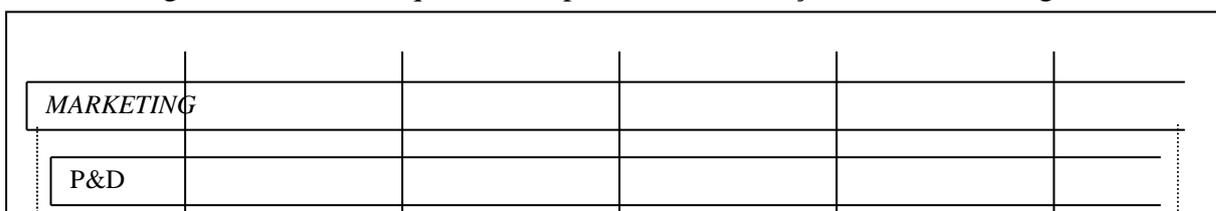
A haste inferior indica que as inovações se beneficiam da acumulação de conhecimentos proporcionados pelas pesquisas, enquanto que, a haste superior mostra que a inovação procura proteger as necessidades da sociedade.

2.3.4 Quarta Geração dos Modelos de Processos de Inovação

O início da década de 1980 até o início da década de 1990 marcou a quarta geração do processo de inovação, caracterizado pelo *integrated model* ou modelo integral. Seus conceitos são baseados nas empresas japonesas, onde as características principais são a integração e o desenvolvimento paralelo (ROTHWELL, 1994).

No processo de desenvolvimento de um novo produto, os fornecedores são envolvidos para que suas contribuições sejam consideradas. Concomitante, as várias atividades dos diferentes departamentos da empresa, que serão envolvidos no processo, são integradas para trabalhar no projeto simultaneamente. O processo ocorre em um sistema integrado de trabalho e o destaque é para a integração de P&D, produção em uma colaboração horizontal, uma condição de *joint-venture* entre a empresa e seus fornecedores, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Modelo sequencial do processo de inovação no modelo integral



|



Fonte: Rothwell (1994)

Na quarta geração, é evidenciada a necessidade de um processo constante de aprendizado com os clientes como o único caminho de negociação no ritmo acelerado e global das mudanças. Na busca da informação tecnológica também há necessidade de conhecer a sua demanda para melhorar o gerenciamento da informação dentro do processo de inovação. A busca pela interação com o cliente torna-se fundamental para identificação de novas oportunidades de negócios. Desta maneira, a quarta geração do processo de inovação evolui para a quinta geração (MILLER, 1995).

2.3.5 Quinta Geração dos Modelos de Processos de Inovação

A quinta geração (década de 1990) é caracterizada pelo modelo *networking model* ou modelo de trabalhos em rede. Esta geração é o estágio mais avançado que muitas empresas inovadoras desejam alcançar ou manter. De acordo com Rothwell (1994), o processo de quinta geração da inovação é essencialmente o desenvolvimento ou aperfeiçoamento do processo de quarta geração. O *networking model* é caracterizado por forte interação vertical dentro da empresa, interação horizontal externa (pesquisa colaborativa, união de pesquisa, desenvolvimento e risco, alianças estratégicas para Pesquisa e Desenvolvimento de base), desenvolvimento de processos integrados e paralelos e o uso de sofisticadas ferramentas eletrônicas. Alguns elementos estratégicos que caracterizam o processo de inovação da quinta geração:

- a) Estratégias baseadas no fator tempo;
- b) Desenvolvimento focalizado não no preço, mas na qualidade e em outros elementos;
- c) Ênfase na flexibilidade e responsabilidade da organização;
- d) Foco no cliente;
- e) Integração com fornecedores primários;
- f) Cooperação tecnológica horizontal;
- g) Processamento eletrônico de dados;
- h) Política de controle da qualidade total.

Segundo Cunha (1998), cabe salientar que no caso do Brasil predominam os modelos de interação de primeira, segunda e terceira geração. Outra consideração importante é que os modelos não se superam ao longo do tempo como as gerações definidas por Rothwell. Se há transferência de tecnologia e se tanto empresário quanto pesquisador atingiram seus objetivos satisfatoriamente, não há porque mudar o modelo. É possível que se configure qualquer dos modelos ou mesmo vários modelos simultaneamente. O que define qual o modelo configurado são as contingências que envolvem as instituições parceiras.

2.4 O MODELO DE INOVAÇÃO INTERATIVO

A constatação de que os investimentos em P&D não levariam automaticamente ao desenvolvimento tecnológico, nem ao êxito econômico do uso da tecnologia e de que nada estaria garantido apenas pela invenção de novas técnicas, evidenciou as limitações do modelo linear, reforçando a emergência das abordagens não lineares ou interativas. Essas novas abordagens enfatizam o papel central do *design*, os efeitos de *feedback* entre as diversas fases do modelo linear anterior e as numerosas interações entre ciência, tecnologia e o processo de inovação em todas as fases (CONDE; ARAÚJO-JORGE, 2003).

O processo inovativo é um processo interativo, composto de *feedbacks* tanto entre os diversos estágios do desenvolvimento da inovação entre os polos científico, tecnológico e de mercado. Além dos *feedbacks* durante o desenvolvimento da inovação, existem os *feedbacks* entre o polo tecnológico (de desenvolvimento) e o polo científico (geração de novos conhecimentos científicos). O polo científico fornece informações para a solução de problemas no desenvolvimento, e o polo tecnológico alimenta o científico com novos conhecimentos.

A inovação não é resultado de um processo linear que se inicia com a pesquisa básica, passa pela pesquisa aplicada e termina com o desenvolvimento de um novo produto ou processo que é ofertado ao mercado. O processo inovativo não é determinista e não segue uma fórmula pronta, ele é socialmente construído pelos atores envolvidos ou interessados na geração da inovação. Neste sentido, a inovação não é consequência de desenvolvimentos da ciência e da tecnologia exógenos ao sistema econômico e social, como coloca a abordagem *technology push*, mas tampouco é resultado exclusivamente de uma demanda revelada, como defende a teoria *demand pull*.

Um modelo que tem a adesão de diversos autores, e que pode-se considerar dentre as abordagens não lineares ou interativas, é o modelo da Tríplice Hélice, formulado por Etzkowitz e Leydesdorff (1995; 2000), que se contrapõe à tradição schumpeteriana, onde associa a inovação às empresas, os autores atribuem lugar de destaque às universidades e incluem o governo como ator proeminente em seu modelo. O modelo é representado por uma espiral com três hélices que se entrelaçam por meio de múltiplas interações entre as três esferas por elas representadas: a universidade, a indústria e o governo. Nesse modelo, a dinâmica da inovação é interpretada a partir das redes de comunicações e de expectativas que estariam permanentemente remodelando os arranjos institucionais entre universidades, indústrias e agências governamentais. Cada hélice também estaria em transformação contínua e suas reconstruções seriam consideradas um nível de contínuas inovações sob a pressão das mudanças do ambiente. As fontes de inovação significariam um quebra-cabeça para os participantes, analistas e decisores políticos resolverem. Redes trilaterais e organizações híbridas seriam criadas para solucionar problemas sociais e econômicos com os atores das diferentes esferas negociando e definindo novos projetos. Cada “sistema” seria definido e redefinido na medida em que o projeto de pesquisa fosse desenhado (CONDE; ARAÚJO-JORGE, 2003).

Os autores ressaltam que no modelo da Tríplice Hélice, a dinâmica da inovação é interpretada a partir das redes de comunicações e de expectativas que estariam permanentemente redefinindo os arranjos institucionais entre universidades, indústrias e agências governamentais. Esses arranjos não seriam estáveis e cada vertente ou hélice ao se relacionar com qualquer das outras duas produziria a emergência de novas camadas de comunicações, redes e organizações entre elas, cada hélice estaria em transformação contínua e suas reconstruções seriam consideradas um nível de contínuas inovações sob a pressão das mudanças do ambiente.

O processo deve ser entendido, do começo ao fim, como uma série de interações e trocas entre pesquisadores, usuários, técnicos, cientistas, governo, empresas, constituintes de uma rede de inovação. Portanto, o conceito de rede de inovação surge com a percepção de que o desenvolvimento de novos produtos ou processos não acontece apenas dentro dos limites de uma organização isolada, mas envolve atores e trocas constantes entre eles.

2.3 MODELO DE KLINE E ROSENBERG

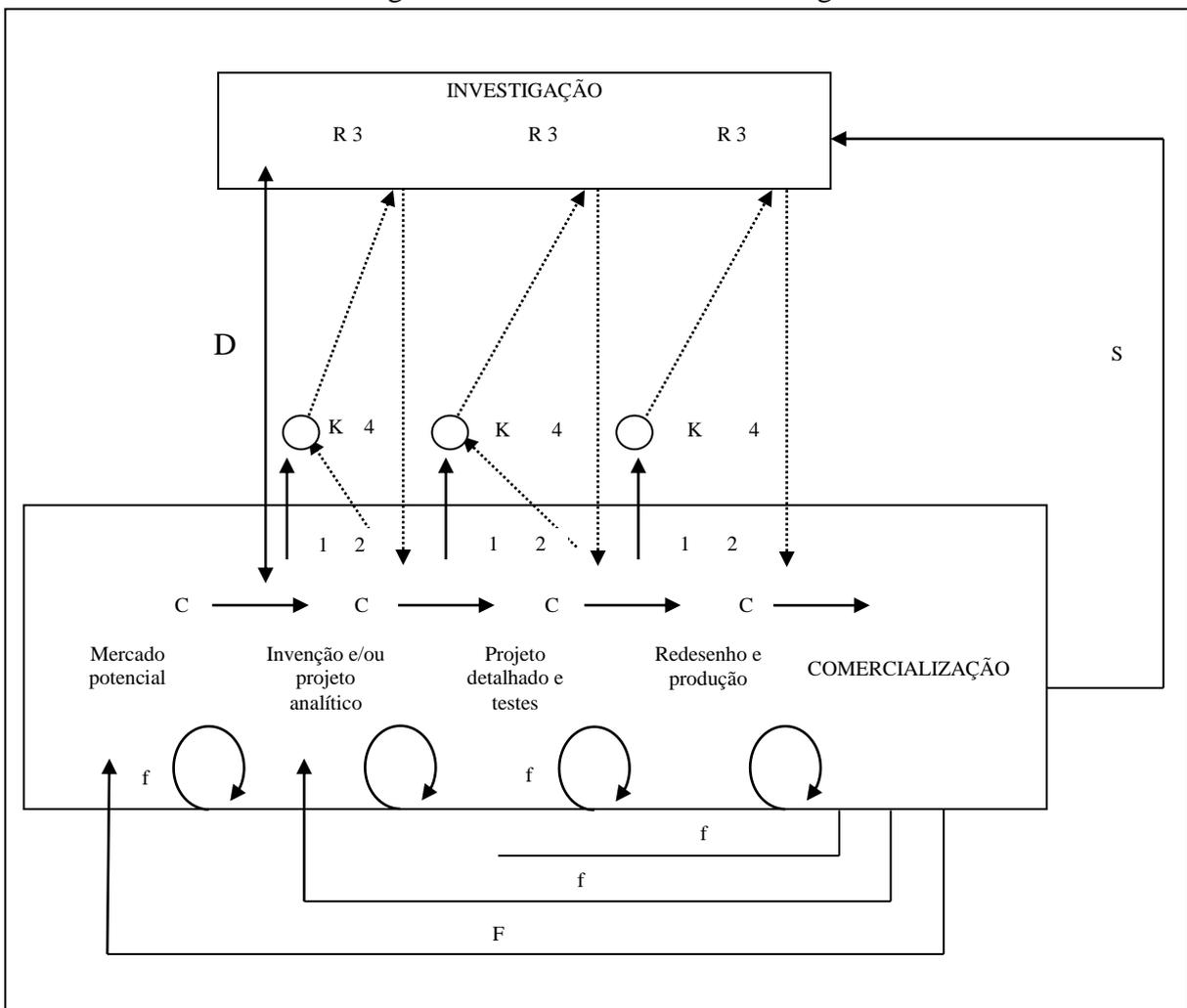
No modelo interativo, a inovação é apresentada como um processo complexo de interações entre os agentes envolvidos nas diferentes etapas, entre eles estão as universidades, os laboratórios e o mercado, conforme ilustrado na Figura 6. Neste modelo, as atividades determinam e são determinadas pelo mercado. O modelo de Kline e Rosenberg (1986) ilustra a nova concepção da inovação. Neste modelo existem cinco vias possíveis de inovação:

- a) A primeira via é a chamada cadeia central de inovação (representada pelas ligações C). O ponto de partida da inovação encontra-se na detecção de um mercado potencial para uma invenção (um novo conceito) ou para um projeto analítico (reorganização de conhecimentos pré-existentes) de um produto, a que se seguem as fases de desenvolvimento (projeto de detalhe, testes, apuramento dos pormenores, novo projeto), de produção e de comercialização. Esta cadeia central, em si mesma, remete para uma visão linear, embora, aqui, a inovação tenha por ponto de partida e de chegada o mercado;
- b) Quando é detectada uma necessidade de mercado, esta somente será satisfeita se os conhecimentos científicos e tecnológicos existentes lhe puderem dar resposta. Por outro lado, um novo projeto só será colocado em prática se for verificada a existência de um mercado para essa inovação, se há possibilidade de aceitação comercial real. Contudo, muitas vezes é a existência de uma nova tecnologia que cria o seu próprio mercado, deste modo, a inovação é determinada por dois conjuntos distintos de forças que interagem: as de mercado e as científicas e tecnológicas;
- c) A terceira via de inovação resulta das múltiplas ligações entre a cadeia central, C, os domínios do conhecimento acumulado ao longo do tempo, K, e a investigação ou conhecimento novo R. A empresa inova utilizando os conhecimentos acumulados ao longo do tempo ligações 1 e 2). Quando se verifica um problema no processo de inovação, recorre-se primeiro ao estoque de conhecimento disponível (ligação 1). Se, ainda assim, o problema persistir, recorre-se à investigação (ligação 3). Contudo, pode ser difícil obter uma solução por meio da investigação do que utilizando o estoque de conhecimento existente. Desta forma, o retorno da investigação para a aplicação prática é incerto, por esse motivo que a ligação 4 segue tracejada. Assim, a ligação da ciência à inovação não se faz somente ou preponderantemente no início do processo de inovação, mas ao longo de toda a cadeia central, à medida das necessidades. Estas ligações ao longo da cadeia central, entre os elementos desta cadeia e a ciência e o conhecimento

disponível, permitiram atribuir ao modelo o nome de "modelo de ligações em cadeia";

- d) A quarta via representa o avanço do conhecimento científico na origem das inovações radicais (ligação D). Estas inovações radicais são incomuns, mas, quando ocorrem, provocam grandes mudanças que, geralmente, se encontram na origem de novas indústrias. São exemplos recentes de inovações radicais, os semicondutores, os novos materiais, o *laser*, a engenharia genética e a biotecnologia;
- e) A quinta via (ligação S) representa o *feedback* dos produtos da inovação (máquinas, instrumentos e procedimentos tecnológicos) para a ciência. Com este modelo, Kline e Rosenberg (1986) afirmam a importância que a sofisticação tecnológica tem para o sucesso de uma inovação. Neste sentido, dão exemplos de algumas inovações que foram um sucesso em termos tecnológicos, mas que acabaram por ser um fracasso em termos comerciais. Referem ainda que outras inovações, apesar de simples em termos tecnológicos, tiveram um impacto importante na produtividade das empresas.

Figura 6 - Modelo Kline e Rosenberg



Fonte: Kline e Rosenberg (1986)

Entre todas as fases da cadeia central pode-se verificar efeitos de *feedback* ou retroação (ligações f e F). Esta é a segunda via de inovação, estes efeitos implicam na

interligação entre as atividades de especificação do produto e de desenvolvimento e os processos de produção e de comercialização.

3 METODOLOGIA

O método utilizado na pesquisa se classifica de natureza aplicada, com abordagem qualitativa, com objetivo exploratório e descritivo, e quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa utilizou a análise de conteúdo dos estudos analisados.

De acordo com Marconi e Lakatos (2011) a metodologia de pesquisa engloba dois momentos distintos, o primeiro se refere a pesquisa ou coleta de dados, e o segundo momento, a análise e interpretação, quando se procura descobrir o significado dos mesmos. Para Gil (2008) a metodologia é uma maneira instrumental para estabelecer os procedimentos lógicos que foram utilizados na investigação científica dos fatos da natureza e da sociedade.

A pesquisa qualitativa é de particular relevância ao estudo das relações sociais, pois consiste em eleger as teorias e os métodos adequados e convenientes para o reconhecimento e análise de distintas perspectivas, na ponderação dos pesquisadores em relação às próprias pesquisas para a produção de conhecimento e, por fim, na multiplicidade de enfoques e métodos. Possui heterogeneidade e flexibilidade, não admitindo regras precisas, por isso, diferem-se no processo de investigação, a coleta sistemática de dados deve ser antecedida por uma imersão do pesquisador no tema a ser estudado (FLICK, 2009 p. 20).

A pesquisa exploratória é útil quando o responsável pelas decisões dispõe de poucas informações, além disso, é favorável na identificação de práticas inovadoras de produção e administração (HAIR JR, et al., 2005). Neste sentido a fase exploratória ocorreu na busca por artigos que possuíssem pesquisas relacionadas à modelos de processo tecnológico.

A utilização de observação e análise de documentos no método qualitativo baseia-se nos seguintes conceitos: a) pesquisa bibliográfica: caracterizada pela identificação e análise de dados descritos em livros, artigos de revistas, em teses, monografias, publicações avulsas e internet. Possui a finalidade de identificar a relevância da pesquisa e de trabalhos publicados sobre o tema (GIL, 2008); b) registro em arquivos: podem ser localizados como registros de serviços, registros organizacionais, mapas e tabelas, listas, dados originários de levantamentos, registros pessoais (YIN, 2010); c) entrevistas: consistem no levantamento de informações por meio da influência mútua do entrevistado com o entrevistador. As entrevistas podem ser de forma espontânea, focal ou levantamento formal; d) observação: menciona-se a observação de fatos, comportamentos e cenários, a vantagem é a possibilidade de confrontar a sinceridade de certas respostas, permitindo o registro de comportamentos em seu contexto; e) análise de documentos: considera-se documento qualquer registro escrito que possa ser utilizado como uma fonte de informação, dentre eles: cartas, relatórios escritos de eventos em geral, documentos administrativos, regulamentos, atas de reunião, livros de frequência, artigos, recortes de jornais, pareceres, dentre outros (YIN, 2010). Na pesquisa somente foi utilizada a pesquisa bibliográfica.

Após coletados os dados bibliográficos, foi realizada a busca de autores que agregassem na pesquisa em relação a análise dos modelos de processo tecnológico. O estudo da metodologia de pesquisa permite o aprimoramento de habilidades, que são necessárias na resolução de problemas e desafios de um ambiente de tomada de decisões (COOPER; SCHINDLER, 2003). A partir da revisão bibliográfica, pesquisas e estudos já realizados na área, buscou-se identificar as diferentes abordagens e teorias que contribuíram no incentivo de novos modelos de processo tecnológico.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 CRÍTICAS AOS MODELOS LINEARES

Para ser realizada a análise dos modelos apresentados, atribuíram-se na pesquisa as críticas de autores que discordam do modelo linear com base em suas experiências com modelos lineares do processo de inovação.

Os modelos lineares idealizam o fluxo de conhecimento apenas em um único sentido, do sistema de ciência e tecnologia para a empresa, o que na opinião do autor é incorreto. Com este efeito, as empresas criam conhecimento nas suas atividades rotineiras e de inovação, sendo que muitos deles não se deslocam para as disciplinas científicas e tecnológicas, seja por não ser do interesse dessas disciplinas, por se tratar de conhecimentos muito específicos, ou devido a proteções por sigilo (BARBIERI, 2004).

Rosenberg (1982) e Kline e Rosenberg (1986) apud Marques e Abrunhosa (2005) apresentam críticas sistemáticas do modelo linear, mostrando que este modelo altera a realidade do processo de inovação em diferentes aspectos:

- a) O modelo linear considera que o processo de inovação é desencadeado pela investigação fundamental, ou seja, pela criação de ciência. A afirmação não é com relação à importância ou não da ciência, mas para sustentação de que a maioria das inovações surge da utilização e recombinação do conhecimento já disponível. Quando o conhecimento disponível se revela insuficiente para a resolução dos problemas que surgem durante o processo de produção/inovação, há então a necessidade de investigação. Em algumas circunstâncias, a investigação desencadeia a inovação. Entretanto, mesmo nestes casos, a inovação tem que passar por uma fase de projeto e tem que ser conjugada com as necessidades do mercado, para poder ter êxito comercial e não somente estar baseada na ciência;
- b) Ignora o fato do conhecimento tecnológico preceder frequentemente o conhecimento científico. Desde sempre, o conhecimento tecnológico permitiu que muitas atividades produtivas existissem e se desenvolvessem, sem que tivesse um conhecimento científico a sustentá-lo diretamente. Isto significa que, ao oposto do que o modelo linear advoga, a inovação tecnológica acontece mesmo que não haja uma percepção clara dos princípios científicos básicos. É o avanço da tecnologia que promove o desenvolvimento da própria ciência, fazendo com que ela elabore modelos que sistematizem e alcancem o conhecimento tecnológico existente;
- c) Em resumo, as interações entre ciência e tecnologia são fortes, não podendo aceitar-se a ideia implícita no modelo linear de que a tecnologia somente é ciência aplicada (*technology is merely applied science*);
- d) O modelo não inclui os efeitos de *feedback* ou retroação que ocorrem durante o processo de desenvolvimento da inovação. Mesmo quando esta última é desencadeada pelo surgimento de novo conhecimento científico, o modelo linear desconhece que o próprio avanço científico requer experimentação, distorcendo o caráter interativo do processo, além de não considerar a informação de *feedback* proveniente das vendas e dos utilizadores individuais.

O modelo linear mostrou-se limitado ao se constatar que os investimentos em P&D não levavam automaticamente ao desenvolvimento tecnológico e sucesso econômico do uso da tecnologia. Após tais constatações, surgiram as abordagens não lineares ou interativas, que procuram enfatizar o papel central do *design*, os efeitos de *feedbacks* entre as diversas fases do modelo linear e as diversas interações entre Ciência, Tecnologia & Inovação em todas as fases, superando a visão mais restrita do modelo linear sobre a dinâmica inovativa (GRIZENDI, 2004).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O progresso do modelo de inovação linear para o modelo interativo evidencia o quanto um processo precisa ser dinâmico e que tenha como base a inovação, assim como também é importante a interação entre atores, estando cada um deles com contribuições competentes e complementares, característica de uma visão sistêmica, de um ambiente empresarial que pode ser explanado como dependente de mudanças externas à organização e que decisivamente precisarão conduzir à sua sustentabilidade.

Por meio da análise do progresso dos modelos de processos de inovação, observou-se que os modelos passaram por distintas fases. Cada modelo estava adequado ao ambiente do período de seu desenvolvimento, que contribuía trazendo mudanças agrupadas indispensáveis para acompanhar as tendências dos consumidores e das organizações envolvidas no processo.

Inovações apresentam em seu contexto, problemas ao meio ambiente, e por esse ensejo se faz necessário que os novos modelos de processos de inovação originem, em suas fases de desenvolvimento, estudos aprofundados sobre consequências ambientais. Desta forma, os novos produtos precisariam ser desenvolvidos acatando especificações alinhadas a responsabilidade ambiental, como parte complementar de um processo de inovação.

Embasado nos estudos analisados, conclui-se que para se gerar inovação por meio de modelos de processos é preciso optar por modelos que se adaptem a realidade do negócio ou indivíduo que dele irá se apropriar. As etapas de cada modelo visualizadas no documento possibilitam avaliar qual a modelo de estrutura formal deve ser empregada para cada forma de estrutura tecnológica. Sendo que na opinião dos autores críticos ao modelo linear, as desvantagens do modelo sinalizam a mudança estrutural que as organizações estão passando, e por isso, busca-se o acompanhamento da evolução de mercado para atualizar modelos que possam ser utilizados por organizações, surgindo gerações de modelos que acompanham o desenvolvimento organizacional.

Ressalta-se que, mesmo que autores critiquem modelos de processo tecnológico, cada organização possui suas particularidades, sendo que nem sempre o modelo contemporâneo pode se adequar a uma específica estrutura organizacional, a ponto de gerar inovação e retorno econômico para a mesma, o que significa que dependendo dos objetivos almejados, as organizações podem adotar modelos que satisfaçam as suas necessidades, mas que não sejam vistos por teóricos como um modelo de desenvolvimento e inovação. Por fim, os modelos de processo tecnológico possuem o intuito de estruturar um sistema que permita um processo de controle, mas que ao mesmo tempo admita o surgimento de novas ideias e monitoramento de desenvolvimento.

6 REFERÊNCIAS

BARBIERI, José Carlos. **Organizações inovadoras**: Estudos e casos brasileiros. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2004.

BUSH, V. Science, the endless frontier. A report to the president by Vannevar Bush, director of the office of Scientific Research and Development, July. **Government Printing Office**, Washington. 1945.

CONDE; Mariza Velloso Fernandez; ARAÚJO-JORGE, Tania Cremonini de. Modelos e concepções de inovação: a transição de paradigmas, a reforma da C&T brasileira e as concepções de gestores de uma instituição pública de pesquisa em saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**. 8(3):727-741, 2003.

DOSI, G. The nature of the innovative process, in Dosi, G., Freeman, C. et al (eds.), **Technical change and Economic Theory**, Pinter Publishers, London, 1988.

EBNER, A. Schumpeterian theory and the sources of economic development: endogenous, evolutionary or entrepreneurial? **International Schumpeter Society Conference**. Manchester, jun. jul. 2000.

GRIZENDI, Eduardo. **Processos de inovação: modelo linear x modelo interativo**. 2004. Disponível em: <http://www.institutoinovacao.com.br/downloads/eduardo_grizendi.pdf>. Acesso em: 10 set. 2013.

JACKSON, C. Technology innovation, transfer, and commercialization: need for a nonlinear approach. **3^a Annual International Conference on Technology Policy & Innovation**. Austin, Texas 1999. Disponível em: <<http://www.ki-soft.com.htm>>.

KLINE, J; ROSENBERG, N. **An overview of innovation**. In: R. Landau. e N. Rosenberg (eds.) 1986. p. 275-305.

MARQUES, Alfredo; ABRUNHOSA, Ana. **Do Modelo Linear de Inovação à Abordagem Sistêmica: Aspectos Teóricos e de Política Econômica** Documento de trabalho, n. 33, Junho, 2005.

MATTOS, João Roberto Loureiro; GUIMARÃES, Leonam dos Santos. **Gestão da tecnologia e inovação: uma abordagem prática**. São Paulo: Saraiva, 2005.

MILLER, William L. A broader mission for R&D. **Research Technology Management**, p. 24-36, Nov/Dez, 1995.

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Technology and Economy: The Key Relationships**, OCDE, Paris, 1992.

OECD, **The measurement of scientific and technological activities**. Proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data. Oslo Manual. European Commission Eurostat. 1997.

OLEA, P. M. **El Sector Sanitario Público de Catalunya como Sistema de Innovación**. Universitat Politècnica de Catalunya, UPC, Espanha 2001.

ROSENBERG, N. **Inside the Black Box: Technology and Economics**, Londres: Cambridge University Press, 1982.

ROTHWELL, Roy. **Towards the Fifth-Generation Innovation Process**. International Marketing Review. Sussex, MCB University Press. v. 11, n. 1, p. 7-31, 1994.