

# **O PROCESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA COMO ELEMENTO DESTACADO NO DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS**

**Alexandre d'Avignon<sup>1</sup>**

## **1. INTRODUÇÃO**

A relação entre gestão ambiental e inovação tecnológica é intensa. A primeira utiliza-se da segunda na busca de soluções dos problemas ambientais causados pelas atividades industriais. Os processos de inovação gerencial contribuem de forma significativa na mitigação dos impactos ambientais, quando tem como um dos objetivos a conservação do meio ambiente. Mas não são somente os modelos de inovação da gestão os que estão em jogo neste caso. O processo de inovação tecnológica traz modificações consideráveis na produção, por conseguinte, nas relações de trabalho e na sociedade.

A gestão ambiental empresarial, baseada em normas de sistema de gestão ambiental, altera e codifica a ação do trabalho do homem na organização através dos manuais e dos procedimentos. Mas é imprescindível observar que a introdução de um código empresarial resulta da ampliação de escala, maior complexidade do processo produtivo e regulatório. Assim, estabelece-se uma afinidade permanente entre a elaboração de procedimentos do trabalho humano e a mudança tecnológica. Nesta relação pode-se encontrar arranjos satisfatórios, ou não, à conservação do meio ambiente. A firma, em razão disto, ganha papel importante como agente impulsionador do progresso técnico e como um dos “locus” das interações entre o trabalho humano e a máquina. A difusão de uma inovação tecnológica apropriada ambientalmente, induzida pela introdução de códigos empresariais ou regulação do Estado, poderá ser utilizada para substituir os meios insustentáveis de produção e consumo e construir novos paradigmas e rotas tecnológicas ambientalmente saudáveis e sustentáveis.

Hoje as chamadas tecnologias mais limpas indicam uma possível alternativa para atual estrutura de produção e consumo que ameaça a qualidade da vida no planeta. Mas estas tecnologias, por si só, não são suficientes para mudar o sentido do aumento da degradação do meio ambiente em razão dos danos já causados e da poluição acumulada. São necessárias mudanças estruturais nos sistemas econômicos conhecidos para alterar os atuais rumos destas transformações.

---

<sup>1</sup> - PEE/COPPE/UFRJ

A escolha de uma teoria adequada auxilia a compreender a história de acumulação de excedentes e o desenvolvimento econômico e suas consequências ambientais. A opção por uma abordagem neo-schumpeteriana e evolucionista neste trabalho, diz respeito ao tratamento dispensado por esta teoria ao progresso tecnológico, identificando a inovação como grande motor do sistema capitalista. Por outro lado, a abordagem teórica neoclássica não trata da evolução histórica, pressupõe busca permanente do equilíbrio, certezas e controle em mercados auto-reguláveis inexistentes e pressupostos subjetivos de maximização de lucros deterministas. Se o mercado auto-regulável fosse regulador para uma economia das satisfações das necessidades humanas, porque estes teóricos estariam sempre buscando mecanismos de regulação para um mercado imperfeito? Encarar o mercado como um dos elementos indutores do progresso técnico, mas não o único, parece uma opção mais acertada. Além disso, encarar o “fluxo circular”, ou seja, a permanente busca do equilíbrio, como um elemento menor, fazendo parte da estrutural incerteza e instabilidade, parece também mais adequado. Por outro lado, a firma não pode ser encarada, como na teoria neoclássica, sendo um volume de controle fechado, tendo sempre o mesmo um perfil de agente e atuando de uma única forma. A teoria evolucionista dá grande destaque a firma como os institucionalistas. Para a análise da gestão ambiental empresarial é necessário o aprofundamento em questões relacionadas à atuação da firma, como suas opções tecnológicas e estratégias competitivas.

## **2. Algumas Implicações da Acumulação Capitalista**

A importância da acumulação de excedentes refere-se ao papel significativo das inovações técnicas no processo de transformação econômica e as suas relações com a capacidade física do homem em produzir. De acordo com Freeman e Soete (1997) a teoria do crescimento econômico, levando em consideração Adam Smith (1776), Marx (1858) e, mais recentemente, Samuelson(1967), tradicionalmente reconhece a importância da acumulação do conhecimento e, portanto, da tecnologia no processo de crescimento. Sem mudanças tecnológicas, a acumulação de capital seria cada vez menos dinâmica e ampliada, o que traz implicações ambientais consideráveis dependendo das tecnologias adotadas.

## **3. A Acumulação de excedentes no capitalismo industrial**

O Estado Nação surgira por meio da unificação política das cidades e feudos. Neste momento a importância do custo de produção não era relevante, pois ainda influenciava pouco a acumulação do capital do setor comercial, este relacionado ao transporte e seus riscos e gastos com segurança. Processava-se o cercamento dos campos na Inglaterra, liberando mão de obra. O crescimento do número das corporações de ofício, a difusão das técnicas e estabilidade das fronteiras e do fluxo comercial, permitem o surgimento de novos arranjos dos meios produtivos que se preocupam mais com os custos de produção e a concorrência. Estes elementos se tornam chaves na diferenciação da economia industrial capitalista nascente, daquelas que a antecederam. O custo de produção e as novas formas de competição ganham destaque e têm como efeito e causa a reorganização da produção.

O capitalismo industrial colocou a técnica produtiva em primeiro plano nas decisões econômicas e o processo de inovação tecnológica passou a ser um dos motores da acumulação do capital, realização e ampliação. O seu desenvolvimento observa racionalidades locais e organizacionais e intensifica a capitalização do processo produtivo.

Reestruturavam-se os meios de produção em organizações fabris com objetivo de intensificar a eficiência do trabalho humano e dos meios físicos e materiais utilizados para transformação dos recursos naturais. Essa nova estrutura modificara a relação entre os fatores de produção e destaca um em especial, a inovação tecnológica. Não por esta última ser menos importante na era pré-capitalismo industrial, mas pelo ritmo de desenvolvimento da mesma. As novas formas de organização de trabalho e da produção geram condições favoráveis para esta aceleração, tanto do ponto de vista de sua necessidade para maior eficiência, mas por ser ela o motor de novos empreendimentos e, portanto, novas formas de concorrência. Intensifica-se o uso dos recursos naturais, os impactos ambientais causados pelos empreendimentos e geração da poluição. Surgem novos arranjos que parecem superar qualquer dos antigos limites de produção. As inovações tecnológicas, de forma geral, visam produzir mais com menor custo.

A expansão da produção introduz outra questão. É necessário criar demanda para o aumento de escala permitido pelos novos arranjos. A prosperidade começa a ser um dos discursos do capitalismo para possibilitar o acesso a um maior número de pessoas aos produtos industrializados. O capitalismo industrial amplia seus instrumentos de estímulo ao consumo por meio de mecanismos como a publicidade, o *marketing*, entre outros. Em decorrência, aumenta o custo de produção e força-se uma nova redução nas taxas de lucro. Estes mecanismos, por sua vez, possibilitam o que Jean-Pierre Dupuy (1980) chamou de “reconhecimento” do valor social do produto. O valor de uso do bem começava a se distanciar do valor relacionado ao “status” ou a diferenciação ou distinção dele pela novidade, ou seja, pela inovação. Quanto mais comum o bem menos ele valor tem. O aumento de escala produzia também uma diminuição de preços via generalização. Surgia um novo elemento: a obsolescência devido a não atualidade do bem.

Marx (1857) definia produção como uma apropriação da natureza pelo indivíduo, no interior de uma forma social e determinada por esta. A produção industrial, também, poderia ser considerada como a transformação e a adaptação dos recursos naturais, mediante processos baseados em princípios físicos e químicos, para atender as necessidades humanas. Por esta razão valorizou-se a pesquisa empírica para melhor conhecimento da natureza e descoberta de suas potencialidades para os novos arranjos de produção. Isto justificaria o grande impulso da pesquisa e seu desenvolvimento com a Revolução Industrial. Neste caso, assistia-se a duas importantes mudanças em paralelo: novos arranjos nos sistemas produtivos e novos arranjos na pesquisa científica.

A Revolução Científica Moderna inaugurara a racionalidade científica nos séculos XVI e XVII que teve suas maiores expressões nas teses de Galileu, na mecânica newtoniana, no empirismo de Francis Bacon e na racionalidade cartesiana. A revolução não é apenas científica, mas uma revolução de valores (Ganem-1989). A relação homem-natureza se altera, o homem passa a ser sujeito e a natureza objeto de sua intervenção.

Furtado (1983) afirma que a partir da Revolução Industrial o impulso do homem em compreender e explicar o mundo físico e metafísico, presente em todas as culturas, se incorporou ao elemento motor do sistema econômico. As inovações tecnológicas, impulsionadas pela pesquisas empíricas, geraram uma expansão de produção, comércio e, posteriormente, serviços nunca antes verificados na história da humanidade.

Essa lógica, entretanto, terá efeitos ambientais consideráveis. Os bens livres anteriormente abundantes, como a água e ar limpos, se tornavam raros nos grandes centros industriais e passam a necessitar de tratamento para serem utilizados pela própria indústria. O progresso tecnológico baseado principalmente na diminuição de custos, no aumento de escala e estímulo ao consumo gera uma pressão permanente sobre o meio ambiente. O homem passa a ser vítima e, ao mesmo tempo motor, do aumento da produção. Criam-se necessidades desvinculadas da capacidade de suporte do meio ambiente, que, por sua vez, geram outras para corrigir os problemas suscitadas pelas primeiras. Dupuy (1980) considera o progresso técnico que caracteriza o capitalismo industrial como uma relação instrumental de domínio da natureza e da história pelas ferramentas técnicas.

Apesar de não adotar a ótica do economista Joseph Alois Schumpeter e criticá-la, Furtado também acentua a importância da inovação tecnológica no desenvolvimento econômico. Schumpeter (1984) apresenta alternativa ao enfoque clássico do equilíbrio e propensão a maximização de lucros, substituindo-o por uma visão dinâmica, evolutiva, que privilegia a inovação tecnológica gerada pelo empresário empreendedor não somente estimulado pelo lucro.

Schumpeter não discute, entretanto, as conseqüências ambientais deste empreendedorismo humano associado ao capitalismo industrial. O progresso técnico, sem uma componente ambiental, passa a exercer uma pressão inadequada sobre os recursos naturais renováveis ou não. O aumento da poluição ou a falta de conhecimento sobre uso de algumas inovações como os clorofluorcarbonos (rompimento da camada de ozônio), aumento dos gases que causam resultam em efeito estufa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, etc) ou, ainda, chuvas ácidas resultam em impactos ambientais globais. Apesar da análise do economista não incluir questões ambientais, a menos de comentários sobre o uso dos recursos naturais e a sua transformação, esta visão fornece uma idéia de dinâmica muito importante para intervenção adequada no sistema econômico para torná-lo sustentável.

Para Schumpeter (1984, p. 112) o essencial, quando se analisa o capitalismo, é tratá-lo como um processo evolutivo. Por sua própria natureza este sistema é uma forma ou método de mudança econômica e ele não se comporta de forma estacionária. O caráter evolutivo do processo capitalista não se deve somente ao fato da vida econômica acontecer num ambiente social mutável e este influenciar a ação econômica. O impulso fundamental e decisivo decorre, segundo Schumpeter, dos novos bens de consumo, dos novos métodos de produção ou transporte, dos novos mercados, das novas formas de organização industrial que a empresa capitalista cria. O processo de mutação industrial que incessantemente revoluciona a estrutura econômica de dentro para fora, destruindo-a e recriando-a de forma diversa da anterior. Esse processo de destruição criadora é o fato essencial do capitalismo.

Para Schumpeter (1988, p 47) todo o processo de desenvolvimento concreto repousaria sobre o desenvolvimento precedente, ou criaria pré-requisitos para o seu desdobramento. Esta visão remete a idéia de interdependência temporal, ou seja, dependência da uma rota adotada que será explorada pelos neo-shumpeterianos. O desenvolvimento seria, portanto, um fenômeno distinto, estranho ao fluxo circular da economia, ou a tendência ao equilíbrio, como concebiam os clássicos. Tratar-se-ia de uma mudança espontânea e descontínua nos canais do fluxo circular, perturbação no equilíbrio, que altera e desloca continuamente o estado de equilíbrio previamente existente. O desenvolvimento se daria, portanto, por meio de novos arranjos. Essas descontinuidades apareceriam no setor industrial e comercial, mas não na esfera das necessidades dos consumidores de produtos finais. As inovações, em geral, e a conseqüente mudança econômica seriam iniciadas pelos produtores. Os consumidores seriam educados por estes, ou seja, ensinados a aspirar por novos produtos, diferenciados daqueles usados habitualmente. Apesar de necessário considerar as necessidades dos consumidores como uma força independente e fundamental para o fluxo circular da economia, o empreendedor seria o grande motor das transformações, ou “revoluções industriais”.

Essa discussão é de extrema relevância para as questões ambientais. Quais os fatores verdadeiramente determinantes dos modelos de desenvolvimento insustentáveis do ponto de vista ambiental? Seria uma cultura de consumo que determina modelos predatórios, impulsionando as empresas a produzir cada vez mais para suprir necessidades do consumidor? Ou os processos produtivos estariam permanentemente motivando o consumidor a consumir mais e mais para que possa haver a reprodução do capital? Schumpeter define como o principal motor do desenvolvimento econômico capitalista o sistema produtivo e sua ampliação através da criação permanente de novos mercados com as inovações. Mas o consumidor não é um agente isolado. Ele também participa do processo produtivo com o trabalho e é um indutor de muitas transformações. As novas organizações do trabalho com a Revolução Industrial permitem ao trabalhador produzir para um consumidor anônimo, o que não acontecia nas corporações de ofício, nas quais havia uma relação mais próxima entre produtor e consumidor. Se a inovação é um dos fatores principais para reprodução capitalista, é neste elemento que se deve atuar para se obter modelos de desenvolvimento sustentáveis. A agregação de variáveis ambientais nos paradigmas tecnológicos tradicionais e a substituição daqueles insustentáveis tornam-se opções concretas. O entendimento do processo de inovação é, portanto, fundamental para criação de mecanismos de indução de tecnologias cada vez mais limpas.

#### **4. O Processo de Inovação**

Nelson e Winter (1977, 1982) consideram a geração e a difusão da inovação como resultado da interação da busca por novas oportunidades e a seleção delas. A inovação envolve incerteza e desequilíbrio. Os autores fazem analogia com a teoria evolucionista e seleção natural de Charles Darwin e dos neo-darwinistas e afirmam que emprestam à biologia uma série de conceitos básicos, como o próprio Darwin emprestou outros de Malthus. O mercado seria um ambiente seletivo para a firma. Nele, ela pode ter sucesso ou não, dependendo de sua habilidade em se adaptar ou modificá-lo. Os padrões de desenvolvimento destas firmas

influenciam outras firmas que por sua vez, em conjunto, influenciam a economia e, esta, novamente as firmas e, assim, por diante. Cria-se, portanto, uma relação de interdependência entre os padrões de desenvolvimento tecnológico das empresas.

As firmas, portanto, estão sempre buscando a própria sobrevivência em um ambiente dinâmico e em constante mutação. Cada empresa, segundo Nelson e Winter (1977, 1982) tem a sua “rotina“ de produção com seus conhecimentos tácitos e técnicos, o que caracterizaria seus “gens”. A mudança se dá, portanto, nas mudanças destas rotinas. Em havendo rotinas, uma delas deveria ser relativa a constante disposição para uma estratégia heurística, impelindo a empresa ao hábito de lidar com questões não rotinizadas, pois haveria elementos estocásticos dificilmente previsíveis. O processo de inovação deve ser encarado como um mecanismo de longo prazo, com mudanças progressivas e ritmo específico de acordo com sua natureza. As regularidades observadas nos processos de inovação trazem outra idéia, a de dependência temporal. Se hoje se tem o quadro conhecido de uso de tecnologia na indústria, ele é resultado de decisões no passado e as decisões neste momento influenciarão o futuro. Esta interdependência temporal estabelece outra questão: a irreversibilidade do processo de inovação. Depois de acertadas, as decisões imprimem este caráter, pois o processo de inovação visaria a lucratividade e, assim sendo, dispêndios para o desenvolvimento da inovação. Pode ser muito caro reverter este processo e, mesmo sendo possível, nunca se retornaria as mesmas condições iniciais.

O processo de inovação, portanto, teria algumas características particulares. De forma geral poderia ser considerado como a busca de novos produtos, processos e arranjos institucionais, através de descobertas, experimentação, imitação e adaptação (Dosi-1988). Isto dificulta uma percepção *ex ante* dos resultados do processo de inovação. Assim, a incerteza pode ser considerada como uma das características do processo de inovação.

Segundo Dosi (1988), outra característica importante da inovação é a confiança no progresso técnico que se dá na Revolução Industrial. Se não houvesse experiências bem sucedidas como referência para os agentes, não haveria estímulo para busca de novas alternativas. A integração de sistemas de P&D formais como institutos ou centros de pesquisa com a indústria parece ser outro elemento importante, abandonando-se a idéia de Schumpeter do empreendedor individual. As atividades formais de P&D estão cada vez mais integradas ao sistema produtivo como uma ferramenta para aumento da concorrência, através da procura novas oportunidades.

Produzindo-se conhecimento científico, este seria imediatamente transferido ao processo tecnológico e absorvido pelo mercado e, portanto, pela sociedade. A energia elétrica, obtida por plantas term nucleares a fissão é um bom exemplo. Esta tecnologia poderia impor uma série de mudanças, inclusive, o abandono de outras tecnologias como as termelétricas a carvão, mas este não foi o caso. A sociedade não quis arcar com os riscos da generalização de sua implantação. A confiabilidade desta tecnologia foi determinante em razão dos acidentes nos Estados Unidos e na extinta União Soviética.

Uma ou outra alternativa estaria sempre vinculada ao grau de progresso técnico existente, aos critérios políticos para adoção de determinado paradigma tecnológico, suas limitações e à trajetória resultante. De qualquer maneira, cada paradigma resulta em oportunidades

tecnológicas e obstáculos, dependendo dos estímulos circunstanciais, anteriormente discutidos. Mas, com certeza, uma das fontes de grandes mudanças de paradigmas tecnológicos continua sendo os avanços científicos (Dosi-1988).

A idéia de paradigma auxilia na compreensão do processo de inovação tecnológica, porém as relações entre vários setores e as várias formas de como se delineia este processo necessita de outros elementos. Em algumas áreas as inovações podem ser difundidas e absorvidas rapidamente, como é o caso das telecomunicações e microeletrônica, em outras este processo pode ser mais lento e não acontecer, caso das empresas tradicionais e consolidadas, numa cadeia de produção já dominada e capital intensiva, por exemplo.

O uso de tecnologias ambientalmente apropriadas torna-se a necessária para a manutenção da vida humana no planeta, pois esta parece ser a única “rota” de evolução tecnológica adequada para harmonizar a evolução geofísica com antrópica (Hipótese Gaia).

Kemp e Soete (1992) e Lundvall (1988) discutem exemplo histórico interessante que realça tanto as conseqüências ambientais do uso de determinadas tecnologias como a alteração do paradigma. Além disso, mostram como a uma solução tecnológica seguem outros problemas, muitas vezes, não identificados no momento de sua adoção. Os autores relatam como uso dos cavalos como meio de transporte em Londres, na segunda metade do século XIX, trouxe grandes problemas ambientais para cidade<sup>2</sup>.

Apesar da disponibilidade de outros meios de transporte urbano, estes não foram adotados em razão da falta de infraestrutura, como postos de abastecimento, e regulamentação da época que determinava, por meio de sinais vermelhos, o limite máximo de velocidade como de 12km/h. A pequena escala ainda dos veículos a vapor e posteriormente com os motores a combustão interna de Nikolaus Otto, Karl Benz e Gottlieb Daimler, também, não permitia ainda a utilização destas alternativas. Mas vale ressaltar que um motor de combustão interna emite resíduos que não chegam a dezena de grama por quilômetro rodado, o que significava uma redução de emissão de resíduos da ordem de 200 vezes. A opção pelo uso dos motores de combustão interna no início do século XX, solucionaria o problema dos resíduos deixados pelo cavalo, mas criaria outro, com o aumento de escala e popularização de seu uso: as emissões veiculares. Estas passaram a ser responsáveis pela degradação das cidades e pelos gases que contribuem para o efeito estufa.

Hoje, no século XXI, estudam-se alternativas ao motor de combustão interna, pois seu uso intenso degrada monumentos históricos, gera o *smog*, causa transtornos à saúde humana e contribui com quase a metade dos gases de efeito estufa do planeta. A célula a combustível aparece como uma possibilidade, ainda sem viabilidade econômica, ou mesmo combustíveis renováveis como álcool ou biodiesel. Além de alternativas ao motor pode-se também atuar nas

---

<sup>2</sup> Como cada animal produzia cerca de 15kg de resíduos (fezes) por dia, eram necessários, aproximadamente, seis mil varredores para recolhê-los. O odor, a obstrução da passagem de pedestres e possivelmente o entupimento das galerias de águas pluviais tornaram-se problemas graves, funcionando como limitadores do trânsito deste tipo de veículo.

tecnologias de transporte, optando-se pelo transporte coletivo ao invés do individual. Mas haverá algum problema no futuro com as células combustíveis ou com o biodiesel que hoje desconhecemos ou desprezamos? A incerteza está, portanto, presente.

Poder-se-ia fazer um paralelo desta idéia com as transformações das condições ambientais. A degradação do meio ambiente derivaria das opções de uso de recursos naturais, renováveis ou não, e a poluição gerada pelos meios de transformação e uso se estes fossem inadequados ambientalmente.

A idéia de acumulação de conhecimentos já existe em Schumpeter (1984), mas os neoschumpeterianos e evolucionistas aprimoram a idéia propondo a categoria de inovações incrementais dentro de um mesmo paradigma. Esta categoria abre espaço para conceitos de eco-eficiência, no qual a diminuição do uso dos insumos, por meio de reuso, reciclagem e redução, tendo a mesma base tecnológica como referência, seria ponto central. Neste caso, não há mudanças significativas no processo, no momento dos ciclos de investimento, que não romperiam com antigos conceitos de produtividade, mas simplesmente uma modernização e maior eficiência.

As interdependências tecnológicas têm caráter irreversível e compõe os paradigmas tecnológicos adotados no país ou região, determinando, inclusive, a forma de ocupação ou uso dos recursos naturais.

Os benefícios e os riscos de uma inovação raramente são previsíveis devido as incertezas que caracterizam as mudanças tecnológicas. O conhecimento dos impactos das tecnologias tradicionalmente utilizadas é sempre muito maior, como é o caso, por exemplo, da substituição gasolina do pelo álcool etílico hidratado como combustível para veículos. O combustível fóssil por mais que trouxesse problemas ambientais, estes eram conhecidos. No caso do álcool, não se sabia como os aldeídos e formaldeídos, componentes dos gases de combustão iriam atuar na saúde humana e meio ambiente de acordo com o crescimento da frota desses veículos. Portanto, nos primeiros estágios do desenvolvimento das inovações, o impacto pode ser pior do que aquelas causadas por tecnologias tradicionais, apesar dos benefícios futuros que elas podem trazer.

A incerteza nas previsões de adequação ambiental da inovação pode provocar a criação de regulação e políticas, tanto empresariais como públicas, que inibam a experimentação de inovações e, por conseguinte, gera-se um ‘tancamento’(*lock-in*) com as tecnologias tradicionais.

Segundo Freeman e Soete (1997) as tecnologias que normalmente se usam do *lock-in* são aquelas de controle da poluição (end-of-pipe), com as quais se pode transferir os poluentes de um local para outro diferentemente das tecnologias de processos mais limpos. Os autores fornecem o exemplo do uso do catalisador, instalado no escapamento dos motores, para reduzir a quantidade de monóxido de carbono emitido pelos veículos movidos à combustão interna. Ao invés da troca por motores que não produzam gases nocivos, ou ainda, a troca de processo no lugar da implantação de filtros em termelétricas a carvão continua-se com o mesmo paradigma tecnológico.

As tecnologias de controle de poluição, sem dúvida, fornecem vantagens às empresas por que estas ganham em flexibilidade em comparação às inovações de processo que ainda necessitam de aprendizado e adaptação, ou seja, novos arranjos institucionais. Um equipamento de controle pode ser simplesmente instalado a uma planta já existente, sem maiores mudanças nos arranjos já existentes. Se esta já estiver amortizada, os custos se transformam em benefícios, pois valorizam a planta. Além disso, as tecnologias de controle de poluição podem ser utilizadas numa gama muito grande de empresas, o que já não acontece com projeto de mudanças de processo para tecnologias mais limpas. As empresas que fabricam os equipamentos de controle acabam ganhando, assim, mercado e podem fazer propaganda de seus produtos para outros setores.

Devido às vantagens das tecnologias de controle ambiental, muitas vezes as políticas de incentivo para inovações estão voltadas para este tipo de tecnologia e acabam por obstruir mudanças de processo mais profundas, ou mesmo de paradigmas tecnológicos que poderiam evitar a emissão do poluente que esteja sendo tratado. A solução pelos equipamentos de controle de poluição pode, ainda, ser reforçada pelo princípio do poluidor-pagador se este não for aplicado corretamente.

Uma alternativa para superar o *lock-in* gerado pelas empresas que fabricam equipamentos de controle de poluição seria estimular a diminuição sistemática de insumos e matérias-primas e a reciclagem tanto de produtos finais como resíduos gerados no processo. Se não houvesse o que tratar, o movimento de inovação teria que se dar na direção de uma tecnologia mais limpa, ou seja, a de prevenção de poluição. Este tipo de medida, inclusive, pode gerar bons resultados já implicando em redução de despesas da atividade fabril.

## 5. Conclusão

Sempre haverá, também, uma perspectiva que encare as novas tecnologias ou arranjos gerados pela inovação como superiores aquelas anteriormente utilizadas. Esta ótica pode ser por uma tecnologia ambientalmente mais limpa ou simplesmente mais produtiva do ponto de vista da acumulação capitalista. Ao mesmo tempo em que novos problemas são gerados por novas tecnologias, mesmo que estas solucionem alguns daqueles das anteriormente utilizadas, elas podem ter como variável de escolha a sustentabilidade ambiental. Isto induziria a adoção de tecnologias ambientalmente adequadas. Como a inovação é um dos componentes cada vez mais importante em relação à concorrência no sistema capitalista industrial, as alterações deveriam se dar neste campo para que se altere e corrija o rumo das trajetórias tecnológicas, afim de torná-las adequadas ambientalmente.

A esses, poder-se-ia agregar a regulação ambiental que, de uma forma ou de outra, influencia todos os outros. Sem dúvida estes estímulos dependem da natureza da tecnologia utilizada e o contexto institucional e econômico de cada país ou região, ou seja, do paradigma técnico-econômico. As mudanças tecnológicas seguem um determinado caminho definido por um conjunto de conhecimentos e têm caráter irreversível. Esse caminho pode definir determinadas

práticas tecnológicas dominantes, não necessariamente utilizando as melhores tecnologias disponíveis.

Se, por um lado, a inovação traz ganhos de competitividade corporativos, por outro também pode aportar benefícios ambientais setoriais amplos e difundidos com a maior vitalidade possível. Esta é uma união de difícil compatibilização: competitividade e conservação do meio ambiente. Quais seriam os instrumentos mais eficazes para estimular a inovação ambiental, neste caso? Ganhos de competitividade com sistemas de apropriabilidade eficientes e/ou difusão generalizada para ganhos de eficiência produtiva juntamente com sustentabilidade ambiental? A resposta pode sugerir que a inovação não pode ser encarada como uma propriedade organizacional quando se trata de mecanismo de adequação ambiental.

Neste contexto, a inovação tem de ser difundida o mais rapidamente possível para que repare os problemas causados por paradigmas ou trajetória ambientalmente inapropriados. Isto poderia, por outro lado, desestimular a inovação, pois inibiria os ganhos econômicos com a apropriabilidade. O problema será, portanto, como generalizar ganhos de competitividade de uma organização devido a inovações incrementais ou radicais que permitem a conservação de recursos naturais, ou seja, implicações ambientais positivas significativas. A opção deve ser envolver, desde o início do processo de inovação, variáveis ambientais que conduzam a paradigmas e trajetórias ambientalmente sustentáveis.

Se por um lado, as inovações tecnológicas possibilitaram a uma parcela da humanidade usufruir conforto e bem estar por meio da produção bens materiais, por outro trouxeram problemas ambientais locais, regionais e globais. Até o momento em que não havia percepção da amplitude dos impactos ambientais causados pelos paradigmas tecnológicos adotados no processo de industrialização no mundo, não existiu questionamento e redirecionamento das trajetórias estabelecidas por eles. A mudança causada na relação do homem-natureza pelo capitalismo industrial já se processa há mais de 200 anos e as conseqüências ambientais desta opção de trajetórias tecnológicas só começaram a ser discutidas internacionalmente, há cerca de trinta anos, no Clube de Roma com o Relatório Meadows et al. e, posteriormente, na UNCHE, em Estocolmo, em 1972. O problema que se coloca é se há possibilidade de mudança nos paradigmas e tempo de reverter processos, como, por exemplo, a acumulação de gases de efeito estufa e o conseqüente aumento de temperatura constatado pelo terceiro relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) em 2001.

A crença na solução tecnológica sempre possível para os problemas ambientais parece perder espaço diante dos danos irreversíveis causados por algumas atividades industriais. As externalidades negativas geradas pelos processos produtivos resultantes da opção pelo paradigma tecnológico provocam a maioria dos problemas ambientais.

Mesmo que essa visão de equilíbrio da economia neoclássica estivesse correta, incentivos econômicos baseados nestes preceitos induziriam principalmente o uso de tecnologia de controle de poluição ambiental, pois o empresário ficaria com a escolha entre arcar com multas e agregar o equipamento de controle. O princípio “poluidor-pagador” derivado desta ótica pode gerar grande lentidão, inclusive, em adotar, até mesmo, as tecnologias de controle de poluição. Além de complexa e muitas vezes subjetiva, a tarefa de valoração na tentativa de

corrigir as imperfeições de mercado não atingiria o cerne da questão: a opção pelo paradigma tecnológico .

Se por um lado, o processo de inovação pressupõe acumulação de conhecimentos tecnológicos e tácitos, por outro, os danos causados ao meio ambiente, por determinado paradigma tecnológico, podem demorar a se manifestar devido também a um processo acumulativo. As incertezas aparecem em ambos os casos, pois no meio ambiente, dada as suas dimensões e interatividade local-regional, as conseqüências globais não são previsíveis em muitas situações. E se o forem, se conhecerá somente parte delas. Os cloroflúorcarbonos (CFCs) são exemplos bastante expressivos de escolha de um paradigma tecnológico que a princípio parecia o mais apropriado, pois se tratava de gás, inerte e não tóxico, para os sistemas de refrigeração. Mas o gás, que fora uma inovação considerada positiva e revolucionária para época, há cerca de 70 anos, apresentava potencial destruidor da camada troposférica de ozônio desconhecido naquele momento.

Os paradigmas tecnológicos escolhidos determinarão, tanto as possibilidades de inovação como os impactos ambientais das atividades. Não se trata de ter a visão ingênua de que a poluição nula seria a melhor situação, pois sem atividades econômicas não haveria as transformações nas organizações sociais que hoje conhecemos. O importante relaciona-se à idéia de que as atividades antrópicas podem ter rumos mais harmônicos com o meio ambiente do que tiveram até agora. Não há uma direção mórbida determinada por conceitos de maximização lucro ou equilíbrio em um mercado perfeito hipotético, no qual o homem, com essa característica, não teria outro caminho, se não este que se assiste em termos de degradação ambiental.

Pensando-se com conceitos termodinâmicos, a tecnologia, sempre causará algum distúrbio nas condições iniciais já que se trata de processo de transformação de recursos naturais. Haverá sempre outros produtos, além daqueles que o foco de transformação está objetivando. Resta saber, portanto, qual seria a tecnologia mais apropriada para que haja uma gestão ambiental de longo prazo dos recursos naturais. E quais seriam as tecnologias mais limpas para a confecção dos produtos demandados pela sociedade? Neste caso, vale ressaltar que se trata de tecnologias mais limpas e não simplesmente limpas, pois esta última é muito difícil de ocorrer. Vale ressaltar que não haveria, também, uma tirania das necessidades do homem na sociedade industrial. Se estas não pudessem ser atendidas com, no mínimo, tecnologias ambientalmente adequadas naquele momento, tais necessidades poderiam ser adiadas ou descartadas.

A opção ou busca por tecnologias mais limpas se caracteriza por investimentos consideráveis em inovações, tanto por ser este um foco diferente do desenvolvimento de novos paradigmas, como pela necessidade das inovações solucionarem problemas ambientais ainda não resolvidos. Neste contexto, surge um aspecto interessante, pois a conservação do meio ambiente estimula inovação e assim paradigmas ou trajetórias alternativos que por sua vez estimulam outras inovações e assim sucessivamente, criando uma espécie de círculo virtuoso entre meio ambiente e progresso técnico. Mas como induzir a adoção de tecnologias cada vez mais limpas? Normalmente, estas são soluções de longo prazo, cujo desenvolvimento e difusão depende de fatores políticos, econômicos, tecnológicos e organizacionais.

A pressão da opinião pública através de organizações não governamentais, como organismos de defesa do consumidor ou do meio ambiente, por meio de ações civis públicas ou ainda por denúncias veiculadas pelos meios de comunicação são fontes de indução das inovações no sentido da utilização de tecnologias mais limpas. A demonstração de condutas ambientais adequadas por meios de certificação, baseadas em normas de sistemas de gestão ambiental, como a ISO 14001, também passa a ser elemento importante tanto para a opinião pública, como para competitividade setorial. A introdução de norma de gestão ambiental gera, a seu turno, uma série de oportunidades para introdução de tecnologias cada vez mais limpas.

A regulação, sem dúvida, é um dos fatores mais importantes para a indução de tecnologias cada vez mais limpas. Neste caso, o desenvolvimento do aparato legal de regulamentação ambiental nos últimos trinta anos tem gerado pressão intensa no sentido da adoção de tecnologias ambientalmente mais adequadas. Por sua vez, os incentivos através de um sistema nacional de inovações voltado para solução dos problemas têm sido ainda muito modestos. Ou ainda, incentivos por meio de taxas, subsídios ou políticas têm tido pouca expressão, especialmente no Brasil.

## 5. Bibliografia:

D'AVIGNON, A. L. de A. e LA ROVRE, E.,1995, Emerging Environmental Auditing Regulations in Brazil and Prospects for their Implementation, *Industry and Environment*, vol 18, nº 2-3, abril - setembro, pp. 11-14.

D'AVIGNON, A. L. DE A., A Inovação e os Sistemas de Gestão Ambiental da Produção: O Caso da Maricultura na Enseada de Jurujuba, Rio de Janeiro, 2001, 291 p., COPPE/UFRJ, D.Sc., Programa de Planejamento Energético, 2001.Tese: Universidade Federal do Rio de Janeiro.

FURTADO, CELSO, 1973, "O Mito do Desenvolvimento e o Futuro do Terceiro Mundo", *Argumento*, nº 1 Outubro, pp. 46-53.

SCHUMPETER, JOSEPH A.,1984, *Capitalismo, Socialismo e Democracia*, 1º edição, Rio de Janeiro, Zahar Editores S.A.

NELSON,R. e WINTER, S., 1982, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard Un. Press.

KEMP, R. e SOUTE L.,1992,The Greening of Technological Progress, *Futures*, vol. 24, nº 5, junho pag. 437-457.

DOSI, G.(1988 The Nature of The Innovative Process, Dosi G et al.(edes.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers. London.z

LUNDVALL B-A (1988), Innovation as an Interactive Process from User-Producer Interaction to the National System Innovation, Dosi G et al.(edes.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers. London.z