
Interação estratégica e ausência de determinismo na inovação tecnológica: o caso da biotecnologia agrícola

Sérgio Giovanetti Lazzarini

RESUMO

As interações entre grupos direta ou indiretamente afetados por uma tecnologia criam ciclos reforçadores de atitudes positivas ou negativas que influenciam a adoção da tecnologia. Isso leva à ausência de determinismo tecnológico porque o processo de adoção fica sujeito a conseqüências imprevistas. Neste artigo, contribui-se para a literatura detalhando os processos que causam essa ausência de determinismo tecnológico. Mais especificamente, propõe-se um marco conceitual para a descrição de padrões de interação entre indivíduos, organizações e instituições que influenciam o processo de adoção, a par de certas características da própria tecnologia. Três estudos de caso do setor de biotecnologia agrícola são empregados para construir esse marco: o da somatotropina bovina (BST), utilizada na produção de leite; o do tomate Flavr Savr; e o da soja Roundup Ready.

O autor agradece a Richard J. Mahoney (ex-CEO da Monsanto) por seus comentários sobre este artigo e a Ethan Burris, Scarlett L. Foster e John Nye pelas discussões proveitosas. Agradece, também, a *referee* anônimo por suas sugestões. Assume total responsabilidade por erros e omissões.

Recebido em 15/abril/2003
Aprovado em 05/setembro/2003

Palavras-chave: inovação tecnológica, determinismo tecnológico, instituições, organismos geneticamente modificados, biotecnologia agrícola.

“Somos uma organização de relações públicas [*public affairs*] que também fabrica produtos.”
Richard J. Mahoney, ex-CEO da Monsanto

1. INTRODUÇÃO

No início de 1995, quando estava prestes a tornar-se o novo CEO da Monsanto, líder de pesquisa e desenvolvimento em biotecnologia agrícola, Robert B. Shapiro declarou que “em poucos anos, o público não estará mais interessado” em saber se determinados alimentos foram produzidos com o uso da biotecnologia⁽¹⁾. Um ano depois, uma enxurrada de protestos, retaliações e liminares colocava em dúvida o futuro da biotecnologia aplicada às ciências alimentares. O problema fundamental enfrentado por Shapiro foi a ausência de **determinismo tecnológico**, o que significa que a introdução de novas tecnologias precipita interpretações sociais e reações que podem levar a conseqüências imprevistas.

Sérgio Giovanetti Lazzarini, Ph.D. em *Business Administration* nas áreas de organização e estratégia pela *John M. Olin School of Business, Washington University*, e M.Sc. em Administração pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, é Professor do Curso de Administração e Coordenador do Centro de Pesquisas em Estratégia das Faculdades Ibmec-SP (CEP 01323-001 — São Paulo/SP, Brasil).
E-mail: sergioGL1@ibmec.br
Endereço:
Faculdades Ibmec-SP
Rua Maestro Cardim, 1170
01323-001 — São Paulo — SP

Duas correntes distintas de pesquisa examinam as causas e conseqüências do determinismo tecnológico. Os modelos derivados da literatura de teoria organizacional realçam o impacto da cognição individual e/ou grupal no processo de adoção tecnológica (WEICK, 1977; BARLEY, 1986; ORLIKOWSKI, 1992; DeSANCTIS e POOLE, 1994; GRIFFITH, 1999). Os modelos alicerçados na literatura sobre aspectos econômicos e estratégicos analisam, por sua vez, a adoção de tecnologias a partir de uma perspectiva mais agregada, no nível de setores ou indústrias (ARTHUR, 1989; DAVID, 1985; GARUD e RAPPA, 1994). O marco conceitual proposto no presente artigo faz a ponte entre essas duas correntes de pesquisa, integrando três níveis de análise: o individual (em que as atitudes têm papel crucial); o organizacional (em particular as ações estratégicas das patrocinadoras da tecnologia e de suas concorrentes); e o institucional (regras formais e informais que limitam a ação humana, conforme discutido em North, 1990). Embora a ausência de determinismo implique que os resultados da introdução de uma tecnologia sejam difíceis de prever, o marco conceitual apresentado aqui ajuda a explicitar os **processos** que causam a ausência de determinismo, contribuindo, portanto, para a análise estratégica do desenvolvimento tecnológico.

A teoria desenvolvida aqui é construída a partir de uma análise qualitativa de evidências empíricas (GLASER e STRAUSS, 1967), notadamente por meio de três estudos de caso no setor de biotecnologia agrícola: o da somatotropina bovina (BST), utilizada na produção de leite (desenvolvida por Monsanto, American Cyanamid, Upjohn e Eli Lilly); o do tomate Flavr Savr (desenvolvido pela Calgene); e o da soja Roundup Ready (desenvolvida pela Monsanto). Embora esses casos tenham em comum o fenômeno da introdução de uma tecnologia nova, estão associados a resultados distintos: a oposição à BST e ao tomate Flavr Savr diminuiu ao longo do tempo, mas houve cada vez mais controvérsia acerca da tecnologia Roundup Ready. Assim, fornecem rico contexto para generalizações analíticas (YIN, 1989) quanto aos fatores que levaram a resultados distintos. Neste estudo, analisa-se a onda de reações a essas tecnologias, buscando possíveis padrões de interação estratégica entre múltiplos grupos de interessados: patrocinadoras das tecnologias, suas concorrentes, consumidores, governos, grupos de pressão e participantes da cadeia de suprimentos (processadores, varejistas etc.). Com base nesses dados, apresenta-se um marco conceitual que descreve a emergência de ciclos de oposição e apoio à tecnologia, resultantes de interações complexas entre instituições, organizações e indivíduos. Portanto, os casos são utilizados para construir uma nova teoria e não simplesmente para testar teorias existentes (EISENHARDT, 1989).

2. AUSÊNCIA DE DETERMINISMO NA INTRODUÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS

No jargão dos economistas, determinismo tecnológico implica que a análise da adoção de tecnologias envolve simples-

mente considerações a respeito da produtividade marginal dos fatores de produção relevantes. Weick (1977) propôs algo diferente: a maneira como as pessoas interpretam determinada tecnologia é um elemento crucial de influência na sua adoção e pode muito bem gerar conseqüências imprevistas. Nesse sentido, cunhou a famosa afirmação de que “novas tecnologias existem tanto na cabeça do operador quanto no chão de fábrica” (WEICK, 1990, p.17). A implicação, conforme frisado por Barley (1986), é que a mesma tecnologia pode ser implementada por caminhos diferentes (ou pode até não ser implementada) em contextos sociais diferentes, dependendo de como as pessoas interagem e forjam atitudes em relação à tecnologia⁽²⁾.

A discussão de Weick (1977) e Barley (1986) implica que eventos aleatórios — definidos fundamentalmente por interações sociais complexas — desempenham papel importante na adoção de novas tecnologias. Orlikowski (1992) adota uma posição mais moderada ao propor que as tecnologias têm determinados impactos previstos, embora também sejam influenciadas por atitudes humanas. Dentro dessa perspectiva, a tecnologia molda a interação humana, mas o resultado dessa interação gera percepções diferentes que emergem durante o processo (DeSANCTIS e POOLE, 1994). Griffith (1999) amplia essa discussão, considerando o grau de moderação desses impactos por certos atributos ou características das tecnologias. Assim, os atributos de uma tecnologia podem ser vistos como fatores que influenciam o processo de adoção, embora não determinem totalmente os resultados finais.

A literatura de *path dependence* (dependência de caminho ou trajetória) é a contrapartida, no nível mais agregado, das perspectivas de Weick (1977) e Barley (1986). Associada com os trabalhos de Arthur (1989) e David (1985), essa literatura argumenta que, devido aos retornos crescentes de adoção⁽³⁾, eventos aleatórios nas etapas iniciais do processo podem determinar qual a tecnologia que prevalecerá e não há garantias de que seja superior às demais. Existe, porém, uma importante lacuna nessa literatura, na medida em que deixa de levar em conta a interação estratégica entre firmas — firmas que patrocinam tecnologias concorrentes, por exemplo. Tais firmas têm fortes incentivos para mudar o caminho da adoção por meio de tentativas de mudar crenças ou de métodos táticos para atrair usuários. As inovações tecnológicas estão particularmente vulneráveis a esse efeito, porque muitas vezes envolvem questões complexas (elementos inovadores que se distinguem do conjunto de conhecimentos atualmente detidos pelos indivíduos) e estão associadas a informações parciais a respeito de sua funcionalidade e impactos previstos. Esses fatores criam dificuldades fundamentais para o uso da racionalidade substantiva na interpretação da situação (DENZAU e NORTH, 1994; CLARK, 1997). Por isso, é provável que um papel crucial seja desempenhado, sobretudo nas etapas iniciais da adoção tecnológica, por crenças e respostas emocionais.

Essa situação cria uma oportunidade para as patrocinadoras de tecnologias alternativas e demais empresas se engajarem

numa **competição de crenças**, como instrumento estratégico para atrair usuários ou indivíduos que apoiem suas ações. O estudo dos processos pelos quais tais crenças surgem e se difundem entre os indivíduos lembra os modelos de Granovetter (1978), Schelling (1978) e Bikhchandani, Hirshleifer e Welch (1992), em que se discutem a agregação de idéias e a emergência de comportamentos coletivos. No presente contexto, as firmas que apoiarem tecnologias alternativas irão “competir para impor suas ordens psicológicas aos não crentes” (MEINDL, STUBBART e PORAC, 1994, p.291). Por exemplo, Garud e Rappa (1994) discutem o desenvolvimento histórico dos implantes cocleares, em que duas versões da tecnologia competiram entre si por um período. Os autores mostram que patrocinadoras e pesquisadores associados a cada versão — e com interpretações **científicas** concorrentes — tentaram mudar a opinião pública para garantir a adoção de sua versão específica. Latour (1987) discute vários casos em que o motor da difusão tecnológica é a maneira pela qual cientistas e atores associados traduzem seus conhecimentos e tentam atrair grande número de usuários ou pesquisadores de tecnologias complementares. Essa complexa interação entre indivíduos e organizações pode influir de modo significativo não só na maneira como uma tecnologia evolui e atrai usuários (ANDERSON e TUSHMAN, 1990), mas também na formação de grupos competitivos de firmas que patrocinam tecnologias alternativas e defendem crenças distintas (PORAC, THOMAS e BADEN-FULLER, 1989; RINDOVA e FOMBRUN, 1999).

No presente artigo, constrói-se uma ponte entre essas abordagens teóricas, operando em vários níveis analíticos para propor um marco integrador que leva em conta as interações entre instituições, organizações e indivíduos no processo de adoção de novas tecnologias. Alguns estudos de caso na biotecnologia agrícola, apresentados a seguir, são utilizados para construir esse marco.

3. CASOS EM BIOTECNOLOGIA AGRÍCOLA

As pesquisas de agrobiotecnologia tiveram início em fins dos anos 1970, quando as empresas começaram a reconhecer que técnicas de manipulação direta de genes, como a do DNA recombinante, poderiam ser aplicadas para modificar certas características de culturas e alimentos, logo gerando **organismos geneticamente modificados** (OGMs). Nos primeiros anos da década de 1980, várias firmas entraram nesse negócio, dando início a intenso processo de competição e consolidação nos anos 1990 (KALAITZANDONAKES e HAYENGA, 1999). Dado o grande número de produtos lançados nesse período, seria praticamente impossível analisar a evolução do setor como um todo. Por isso, escolheram-se três casos que envolvem produtos altamente relevantes desenvolvidos pelo setor de agrobiotecnologia: o da somatotropina bovina (BST), utilizada na produção de leite (desenvolvida por Monsanto, American Cyanamid, Upjohn e Eli Lilly); o caso do tomate Flavr Savr

(desenvolvido pela Calgene); e o da soja Roundup Ready (desenvolvida pela Monsanto). Esses casos abrangem experiências diferentes relativas à introdução de OGMs, aumentando, dessa forma, o escopo das generalizações analíticas passíveis de serem derivadas (YIN, 1989). Os dados foram colhidos primordialmente em fontes secundárias (jornais, revistas e *Web sites*), sendo em alguns casos complementados por entrevistas com especialistas do setor.

3.1. Somatotropina Bovina (BST)

BST é uma proteína natural produzida pela glândula pituitária da vaca. A tecnologia envolve o transplante do gene responsável por sua produção nas vacas em bactérias, as quais, em seguida, produzem a substância em larga escala. As patrocinadoras da tecnologia (Monsanto, American Cyanamid, Upjohn e Eli Lilly) iniciaram suas pesquisas sobre BST em fins dos anos 1970. Em 1982, um estudo de pesquisadores na Universidade Cornell verificou aumento de 41% na produção de leite por vacas tratadas com BST da Monsanto, gerando perspectivas de alta rentabilidade tanto para as patrocinadoras quanto para os pecuaristas que utilizassem a nova tecnologia (SILER e CAREY, 1991). Em 1984, o governo dos Estados Unidos iniciou um exame da tecnologia. Em 1988, a Food and Drug Administration (FDA) aprovou os primeiros testes de campo do produto utilizando vacas comerciais. Com isso, começou-se a vender nos supermercados certa quantidade de leite produzido por vacas tratadas com BST, embora essa quantidade fosse muito pequena. A FDA alegou que o hormônio era **natural** e que o leite produzido por essas vacas não diferia qualitativamente do leite comum. A agência governamental também declarou que a **rotulagem** (indicando se o leite se originava de vacas tratadas com BST) era desnecessária já que as características básicas do leite permaneciam inalteradas.

Uma das primeiras reações contra a tecnologia surgiu em 1989, quando se alegou que a qualidade nutricional do leite havia sido alterada (com teores mais altos de gordura e caseína), resíduos do hormônio podiam ser encontrados no leite e as vacas eram sujeitadas a estresse e infecções (EPSTEIN, 1989). Em particular, a incidência de mastite (infecção do úbere) teria aumentado por causa dos maiores níveis de produtividade, levando ao aumento do uso de antibióticos pelos pecuaristas. Jeremy Rifkin, notório adversário da biotecnologia (e presidente de uma organização não-governamental (ONG) chamada Foundation on Economic Trends), lançou uma campanha contra o produto, organizando uma coalizão de grupos de defesa do consumidor, entidades ambientalistas e pequenos proprietários rurais⁽⁴⁾.

A oposição atacou em duas frentes: enquanto uma tentava forçar a FDA a aumentar as restrições ao uso de BST, a outra tentava forçar os supermercados a boicotar os produtos. Essa última campanha teve bastante sucesso: em agosto do mesmo ano (1989), cinco redes de supermercados nos Estados Unidos

(Safeway, Kroger, Stop and Shop, Supermarkets General e Vons) anunciaram que não comprariam mais leite de produtores que utilizassem BST (SUGARMAN, 1989). Várias outras entidades sem fins lucrativos aderiram ao movimento anti-BST. Em 1990, as coalizões Mothers of Milk, Consumers United For Food Safety (CUFFS) e Consumers Union intensificaram as pressões sobre a FDA, os governos locais e os supermercados. A Campanha por Alimentos Puros, organizada por Jeremy Rifkin, assumiu a liderança da oposição. Apesar das pressões, a FDA manteve a posição de que o produto era seguro e de que a rotulagem obrigatória era desnecessária (STEYER, 1990).

Houve reações na Europa também. Em setembro de 1989, a Comissão Européia (CE) anunciou uma moratória do produto, alegando que precisava de mais indícios de que o uso de BST era seguro. Em abril de 1991, o comitê veterinário da CE recomendou a aprovação do uso de BST na Europa. Apesar dessa recomendação, a CE prorrogou a moratória até o final de 1991 à luz de preocupações ambientais quanto ao uso de BST e, principalmente, do temor de desperdício devido ao aumento da produtividade (BOVINE..., 1991).

Enquanto isso, as pressões continuaram nos Estados Unidos no sentido de impor a obrigação de rotular o leite produzido por vacas tratadas com BST. Embora a FDA tivesse aprovado a BST da Monsanto em novembro de 1993, a empresa não pôde vender o produto imediatamente por causa de uma moratória de 90 dias imposta por lei. O projeto fora proposto por um senador do Wisconsin e aprovado pelo Congresso (SCHNEIDER, 1993). Nesses 90 dias houve uma onda de protestos e movimentação política. Algumas cooperativas de laticínios decidiram posicionar-se como **livres de BST**. A Gerber, fabricante de alimentos infantis, e a Ben & Jerry's Homemade, fabricante de sorvetes, declararam que não utilizariam leite produzido com BST. A prefeitura de Chicago baixou uma lei tornando obrigatória a rotulagem de todo o leite comercializado na cidade (GREISING, CAREY e ARMSTRONG, 1993). Alguns supermercados, como Kroger, Southland, 7-Eleven e Pathmark Stores, adotaram a posição de vender apenas leite livre de BST. Com o fim da moratória em fevereiro de 1994, o produto foi comercializado, mas os protestos continuaram.

A FDA declarou que as empresas produtoras de laticínios poderiam **voluntariamente** rotular o produto, mas a oposição não se deu por satisfeita. De qualquer modo, a rotulagem voluntária era praticamente inexistente. O custo da triagem e do rastreamento do leite ao longo da cadeia de suprimentos era oneroso demais (SCHNEIDER, 1994). Os benefícios da rotulagem também eram decrescentes, já que, segundo alguns estudos (como, por exemplo, os conduzidos por Thomas J. Hoban, da North Carolina State University), os consumidores não rejeitavam em níveis significativos o leite com BST e não se interessavam pela origem do produto (STEYER, 1994a; 1994b).

Na Europa, o uso de BST foi aprovado em dezembro de 1994 com moratória de um ano, durante o qual o uso ilimitado da droga era proibido. A moratória foi prorrogada nos anos

subseqüentes. Em 1999, a CE propôs uma moratória permanente à luz de preocupações com a saúde animal. A BST nunca foi utilizada na Europa, mas é considerada um produto bem-sucedido nos Estados Unidos.

3.2. Tomate Flavr Savr

O tomate Flavr Savr foi desenvolvido pela Calgene, uma empresa de pesquisa e desenvolvimento (P&D) em biotecnologia agrícola que iniciou suas operações nos anos 1980. Para produzir uma variedade mais resistente ao transporte, a Calgene alterou o efeito de uma enzima que fazia o tomate maduro apodrecer rapidamente. Esse produto foi o primeiro OGM a obter a aprovação do Ministério de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). Em 1987, o USDA permitiu à Calgene iniciar testes de campo com o tomate (BARNUM, 1992)⁽⁵⁾. Além disso, o Flavr Savr foi o primeiro alimento comercial com características (em vez de processos produtivos) diretamente alteradas pela biotecnologia.

Esse tomate também foi alvo de forte oposição por parte da Campanha por Alimentos Puros, de Jeremy Rifkin, e de outros grupos ativistas. Antecipando a possibilidade de atitudes negativas em relação ao produto, a Campbell Soup — uma das empresas que ajudaram a financiar a P&D da Calgene — declarou: “Não utilizamos ingredientes produzidos por bioengenharia em nossos produtos, tampouco temos planos de fazê-lo”⁽⁶⁾. Embora estivesse fora da jurisdição da FDA, os grupos opositores exigiram que a agência reguladora do setor farmacêutico fizesse uma análise científica do tomate. A controvérsia sobre a BST começava a transbordar para influir no processo de aprovação do tomate Flavr Savr.

Em abril de 1994, um painel de especialistas e a FDA recomendaram a aprovação do produto pelo governo dos Estados Unidos, a qual de fato ocorreu em maio do mesmo ano. A Calgene iniciou imediatamente a comercialização do produto. Como no caso da BST, não havia exigências quanto à rotulagem. Entretanto, existiam algumas diferenças fundamentais entre a organização da produção do tomate Flavr Savr e a do leite extraído de vacas tratadas com BST. O tomate Flavr Savr foi vendido sob a marca “MacGregor”, sendo identificado como produto da Calgene de origem biotecnológica (MARSHALL, 1998). Além disso, a Calgene coordenou estreitamente a oferta do produto (por meio de contatos com agricultores) e a sua distribuição. A última diferença, não menos importante, foi de que o tomate tinha duas características mensuráveis: longa vida de prateleira e sabor superior ao de outros produtos ao longo do processo de maturação. Por isso, foi rotulado como **natural**. Não houve reações por parte do público e o produto chegou até a ser vendido com água em relação aos tomates convencionais.

Em 1995, a Monsanto comprou 49,9% da Calgene, mas as vendas do tomate Flavr Savr logo começaram a cair por razões que não tinham nada a ver com a rejeição de OGMs por parte do consumidor (PHILLIPS e ISAAC, 1998). Uma delas foi a de que tomates com longa vida de prateleira e outras caracte-

rísticas superiores foram desenvolvidos através do melhoramento genético convencional.

3.3. Soja Roundup Ready (RR)

No início dos anos 1990, a Monsanto intensificou suas pesquisas relativas à resistência da soja a determinados tipos de herbicidas por meio da modificação genética direta. A empresa já tinha um herbicida de grande sucesso chamado Roundup (glifosato), altamente eficaz no controle de ervas daninhas, mas que até então só podia ser utilizado antes de a lavoura emergir — senão a planta da soja seria destruída também. A empresa percebeu que a inserção da resistência ao Roundup na própria soja, pela modificação genética de determinada enzima, traria dois benefícios. Primeiro, representaria uma tecnologia promissora para licenciamento por oferecer a oportunidade de reduzir os custos do agricultor (graças a menor necessidade de utilizar outros herbicidas após a emergência da cultura). Segundo, poderia elevar as vendas do próprio Roundup, que atuaria como produto complementar.

Os primeiros testes de campo com a soja conhecida como Roundup Ready (RR) foram realizados em 1993 com resultados positivos. A Monsanto logo pediu aprovação das agências reguladoras competentes nos Estados Unidos — USDA, FDA e Environmental Protection Agency (EPA). A aprovação do USDA saiu em 1994, seguida do sinal verde da EPA quanto ao impacto ambiental⁽⁷⁾. Nessa época, a oposição à BST e a outros produtos de biotecnologia agrícola, como o tomate Flavr Savr, havia diminuído. Em abril de 1996, os reguladores europeus aprovaram as importações de soja RR dos Estados Unidos. A CE adotou posição semelhante à da FDA: a rotulagem era desnecessária porque os atributos do produto não haviam sido alterados. O setor de biotecnologia agrícola estava em um momento ameno, refletido no comentário de Robert B. Shapiro citado na introdução deste artigo.

Em setembro de 1996, quando os primeiros lotes de soja RR estavam prestes a ser exportados, a EuroCommerce, representante atacadista e varejista em 20 países europeus, alertou que o produto poderia provocar reações negativas na Europa (STEYER, 1996). É crucial levar em consideração o fato de que nessa época a Europa havia acabado de passar por uma série de eventos inesperados que colocavam em dúvida a capacidade das agências reguladoras européias de monitorar a segurança alimentar e fazer valer as leis que regiam esse assunto. A principal crise na área fora o advento da **doença da vaca louca** (encefalopatia espongiforme bovina — BSE) na Grã-Bretanha. Esses problemas formaram o pano de fundo para a onda de protestos contra OGMs. Na Grã-Bretanha, os supermercados Sainsbury, Tesco e Safeway exigiram a rotulagem de produtos que continham soja dos Estados Unidos. Em novembro de 1996, a Greenpeace detectou perto de um porto alemão um navio que trazia soja norte-americana, exigindo a identificação do produto. A Greenpeace também tentou convencer duas grandes processadoras, a Unilever e a Nestlé,

de que deveriam rejeitar a soja RR (KOENIG, 1996). Tudo isso foi acompanhado de protestos radicais de grupos ambientalistas, alguns dos quais destruíram plantações de OGMs. Com as ações desses grupos, lideradas pela Greenpeace, as atitudes negativas disseminaram-se na Europa. Os OGMs começaram a ser chamados pejorativamente de *Frankenfood*. A legislação européia foi modificada para tornar obrigatória a rotulagem de todos os OGMs que entrassem na região após maio de 1997 (LOADER e HENSON, 1998).

Enquanto isso, os agricultores pareciam satisfeitos com a tecnologia. Nos Estados Unidos, a tecnologia RR trouxe economias de custo da ordem de US\$ 6 a US\$ 10 por acre (cerca de 10% a 15%) em comparação com pacotes convencionais (segundo, por exemplo, CARPENTER e GIANESSI, 1999). Resultados semelhantes foram verificados em países em que a tecnologia foi introduzida, como Canadá e Argentina (ZYLBERSZTAIN, 2000). Não é surpreendente que a adoção da tecnologia RR por agricultores tenha sido tão rápida: a porcentagem de terras cultivadas com soja RR, por exemplo, subiu de 1% em 1996 para 37% dois anos depois (KALAITZANDONAKES e HAYENGA, 1999). Modificações genéticas com o mesmo objetivo estratégico (geração de economias de custos em processos agrônômicos) foram feitas em outras culturas, como algodão e milho, com boa aceitação entre agricultores.

Nos Estados Unidos, Jeremy Rifkin e sua Campanha por Alimentos Puros voltaram à tona e os movimentos ambientalistas começaram a ganhar força. Duas questões básicas foram alvos de ataque: a falta de rotulagem dos OGMs e o impacto ambiental da nova tecnologia. Nesse segundo caso, a preocupação era de que a tecnologia pudesse induzir resistência em ervas daninhas, pragas ou microorganismos pela aplicação sucessiva dos agrotóxicos associados aos pacotes tecnológicos⁽⁸⁾. Quanto à rotulagem, os grupos de opositores exigiam aumento das restrições por parte da FDA. Isso culminou em uma ação judicial movida por vários ativistas, ONGs e grupos de pressão em maio de 1998. Repetindo a história da BST e do tomate Flavr Savr, a FDA reafirmou que a rotulagem era desnecessária porque a tecnologia não envolvia alterações de natureza nutricional, nem da composição e da segurança do produto. Novamente a Monsanto apoiou essa posição. Além disso, processadoras e donos de silos argumentaram que teriam de investir em infra-estrutura especial de triagem, armazenamento e transporte para viabilizar a rotulagem, gerando aumento de cerca de 20% no custo do processamento e encarecendo os preços dos produtos finais (SEEDS..., 1999).

Os protestos também se intensificaram em resposta a boatos de que as empresas de biotecnologia agrícola pretendessem implantar uma modificação genética que impediria o replantio das sementes colhidas. Essa técnica ficou conhecida como a do *terminator gene*. Já que os grãos de soja tendem a conservar suas características genéticas de uma geração para outra, o agricultor pode guardar parte da colheita e evitar a compra de sementes para o plantio da próxima safra. Isso eviden-

temente reduz a receita das empresas de biotecnologia na forma de *royalties*. Todavia, o anúncio do *terminator gene* provocou forte reação dos agricultores, até então os principais defensores da tecnologia, e outros grupos agarraram a oportunidade de condenar os OGMs mais ainda. Em resposta às reações negativas, a Monsanto declarou em outubro de 1999 que não utilizaria o *terminator gene* em quaisquer de seus produtos.

Um evento crucial ocorreu em agosto de 1998. Arpad Pusztai, cientista do Rowett Institute for Agriculture, em Aberdeen na Escócia, anunciou os resultados de um experimento em que ratos teriam sofrido efeitos colaterais quando tratados com batatas geneticamente modificadas (SEEDS..., 1999). Apesar de ter falhas científicas e de ser recebido com ceticismo pela comunidade científica, o experimento colocou em dúvida a segurança dos OGMs. O aumento da incerteza alimentou as atitudes negativas, o ativismo e as manobras estratégicas das empresas. Em março de 1999, sete redes europeias de supermercados (Sainsbury, Marks e Spencer, Carrefour, Migros, Delhaize, Superquinn e Effelunga) anunciaram que evitariam a compra de OGMs e revelaram um plano para estabelecer um consórcio que compraria apenas de fornecedores e/ou países que pudessem garantir que seus produtos fossem livres de OGMs (WILLMAN, 1999). Em abril de 1999, Nestlé e Unilever reafirmaram a intenção de banir OGMs. Em maio de 1999, a processadora Archer Daniels Midland Co. declarou que pagaria um sobrepreço aos produtores que utilizassem sementes convencionais. Em julho de 1999, Gerber e Heinz anunciaram que OGMs não seriam incluídos em seus alimentos infantis (MAGNUSSON, PALMER e CAPELL, 1999).

Os OGMs também se tornaram um foco de controvérsia no comércio internacional (KERR, 1999). Países que não haviam introduzido OGMs em suas lavouras, como Brasil e Austrália, começaram a considerar a estratégia de declararem-se livres de OGMs. No Brasil, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) havia aprovado o plantio e a comercialização de soja RR em setembro de 1998, mas a aprovação fora suspensa imediatamente por uma liminar judicial obtida pelo Instituto de Defesa do Consumidor (IDC) (LAMBRECHT, 1998). O ativismo da Greenpeace começou a ganhar força no Brasil, também com protestos em portos, semelhantes aos movimentos realizados na Europa, e ações coordenadas com outros grupos de oposição. O Rio Grande do Sul proibiu o plantio de OGMs no estado, embora alguns agricultores locais já estivessem comprando sementes RR ilegais da Argentina. Em fins de 1998, vários países europeus, principalmente França, Reino Unido, Áustria, Grécia e Luxemburgo, adotaram restrições à importação de OGMs, proibindo-os diretamente ou impondo moratória (JOLY e LEMARIÉ, 1998). O governo dos Estados Unidos começou, então, a dizer que essas reações contra os OGMs seriam mais uma manifestação do conhecido protecionismo europeu no setor da agricultura.

Na tentativa de frear as atitudes negativas, as empresas de biotecnologia agrícola esforçaram-se para demonstrar o poten-

cial dos OGMs de melhorar a nutrição e reduzir a fome. Assim, as empresas comemoraram amplamente o desenvolvimento de arroz enriquecido com beta caroteno (precursor da vitamina A) por meio de modificação genética, melhorando potencialmente a nutrição de comunidades pobres (NASH, 2000). Além disso, as empresas endossaram os argumentos de que os OGMs poderiam aumentar o rendimento agrícola e, portanto, reduzir a fome por meio do aumento da produção (BORLAUG, 2000). Apesar desses esforços, a controvérsia sobre a tecnologia RR intensificou-se, contribuindo em grande medida para a difusão de uma visão sombria quanto às perspectivas da biotecnologia agrícola como negócio lucrativo. A Monsanto, cuja unidade farmacêutica era rentável, começou a sofrer pressões do mercado financeiro para se desfazer da operação de biotecnologia agrícola (ZENGER e LAZZARINI, 2000). As pressões foram aumentando, e a Monsanto acabou vendendo a unidade farmacêutica para a Pharmacia em março de 2000. O esforço da Monsanto para se concentrar no setor agrícola a partir de então culminou com a demissão de Robert Shapiro. Embora a soja RR seja amplamente cultivada nos Estados Unidos, correspondendo a cerca de 75% da produção no ano 2000, a controvérsia permanece acesa na Europa e em países como Brasil e Índia.

4. MARCO CONCEITUAL DE ADOÇÃO TECNOLÓGICA EM TRÊS NÍVEIS

Os casos discutidos apresentam semelhanças evidentes, sobretudo no papel desempenhado pelas organizações sem fins lucrativos e ONGs (na tentativa de fortalecer a rede de opositores da tecnologia), na movimentação estratégica de empresas ao longo da cadeia de suprimentos (varejistas, processadoras) e nas reações da comunidade internacional. Contudo, a maneira como esses fatores interagiram no tempo foi diferente no caso de BST/ Flavr Savr e no da soja RR. Esta última enfrentou oposição cada vez mais forte e reforçadora, enquanto no primeiro caso as reações negativas foram perdendo força com a passagem do tempo. Isso sugere a ausência de determinismo e resultados inesperados associados às novas tecnologias. Uma avaliação comparativa dos casos oferece oportunidade de estabelecer algumas generalizações analíticas quanto aos processos que podem levar à ausência de determinismo tecnológico. Nesta seção, apresenta-se um marco conceitual que abrange tais processos e permite o exame da dinâmica que leva a atitudes reforçadoras negativas ou positivas em relação a determinada tecnologia. Além disso, discutem-se os atributos da tecnologia que podem atuar como variáveis moderadoras da dinâmica de adoção.

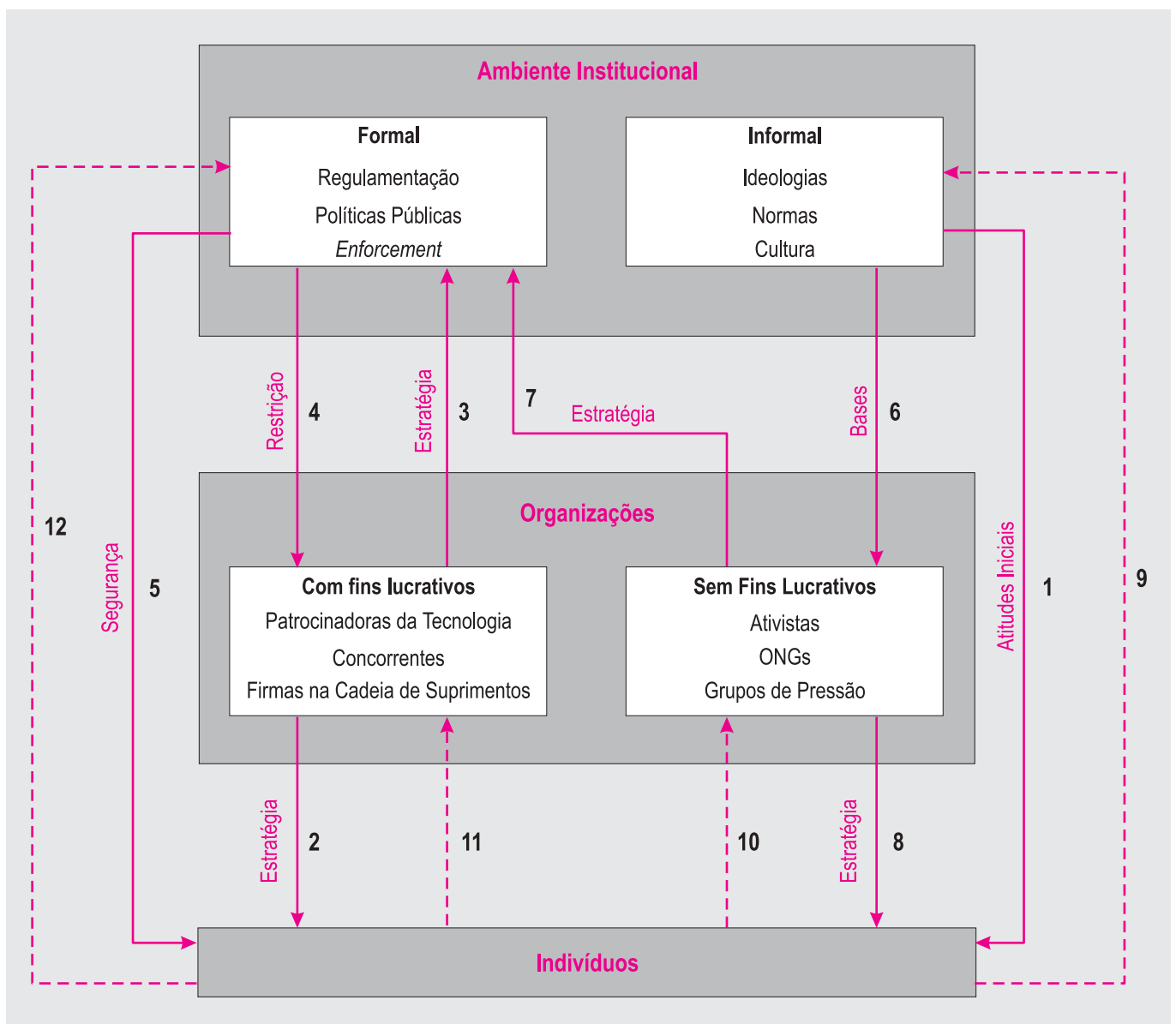
4.1. Marco conceitual em três níveis

O marco conceitual apresentado aqui está inspirado no **esquema de três níveis** de Williamson (1993), o qual analisa as interações entre instituições, organizações e indivíduos (ver

figura a seguir). O **ambiente institucional** (NORTH, 1990) abrange restrições formais (regulamentação, políticas públicas, mecanismos de *enforcement*) e informais (ideologias, normas, cultura) que têm impacto direto nas atitudes dos **indivíduos**. As atitudes estão definidas de forma ampla, incluindo-se três aspectos: idéias ou interpretações das pessoas em relação a um objeto (cognição), sentimentos ou emoções (afeto) e ações relativas a esse objeto (comportamento) (EAGLY e CHAIKEN, 1993). As crenças são consideradas um subconjunto das atitudes, na medida em que representam respostas cognitivas na tentativa de interpretar o significado ou os atributos de determinado objeto. As **organizações** estão no nível intermediário entre os níveis institucional e individual, desempenhando papel fundamental na alteração de atitudes insti-

tucionais ou individuais. Para fins de simplificação, dois tipos de organização são considerados aqui: empresas com fins lucrativos, diretamente interessadas na tecnologia ou afetadas pelo impacto econômico dela (patrocinadoras, concorrentes e participantes da cadeia de suprimentos associada); e organizações sem fins lucrativos (ativistas, ONGs e grupos de pressão). O objetivo é utilizar os casos apresentados para investigar as interações entre esses três níveis, conforme indicado numericamente na figura a seguir. Os efeitos de retroalimentação causados pelas mudanças das respostas atitudinais são mostrados como linhas pontilhadas. Cada efeito é explicado na seqüência.

Considere-se primeiro as organizações sem fins lucrativos. Essas entidades, em particular ativistas e ONGs, parecem ter



Nota: As linhas pontilhadas indicam efeitos de retroalimentação por meio de atitudes individuais.

Marco Conceitual de Adoção Tecnológica Explicando a Ausência de Determinismo

percebido que os OGMs ofereciam a oportunidade de criar um ciclo reforçador de oposição pública, baseado em crenças sobre o risco para a saúde e respostas afetivas (emocionais) associadas. Isso interessa às organizações em sua disputa por doações, contribuições etc. que estão positivamente associadas ao número de indivíduos favoráveis às suas ações (FAMA e JENSEN, 1985). Duas questões são importantes nesse contexto: as bases da ação desses grupos (efeito 6 na figura) e as estratégias que utilizam para atrair apoio (efeito 8).

As bases da ação são definidas por aspectos informais do ambiente institucional, como normas, ideologias e cultura (GREIF, 1997), os quais, por sua vez, influenciam atitudes em relação à tecnologia, isto é, crenças (efeito 1). Assim, Bereano e Kraus (1999, p. B13) frisam que na Europa a alimentação é um aspecto muito importante do estilo de vida e a agricultura é vista, normativamente, como algo **tradicional, rural e idílico**. Além disso, o *terminator gene* entrou em conflito com normas existentes de longa data de que os agricultores têm o direito de guardar as sementes colhidas (embora isso possa reduzir os incentivos para investimento em P&D por parte das empresas de biotecnologia). A ideologia **verde** de proteção ao meio ambiente está mais forte na Europa do que nos Estados Unidos, levando a interpretações compartilhadas diferentes quanto à produção de alimentos em geral. Certas características culturais, como a “necessidade de evitar a incerteza” (HOFSTEDE, 1980), também podem ajudar a explicar as reações negativas em alguns países em que os riscos para a saúde têm importância cognitiva (ZACHENDORF, 1998). Em termos estratégicos, as organizações sem fins lucrativos tentam focalizar elementos salientes das instituições informais, mesmo que esses elementos não estejam **estritamente** relacionados com sua missão principal. Os ataques iniciais da Greenpeace dirigiram-se aos possíveis riscos dos OGMs para a saúde e à falta de rotulagem, em vez de para o impacto ambiental⁽⁹⁾. Elementos salientes são aqueles que estão temporariamente priorizados na mente do consumidor por causa de eventos recentes (como a **doença da vaca louca**) ou que constituem um componente central de ideologias existentes (como o ambientalismo). Além disso, as organizações sem fins lucrativos tentam estrategicamente influenciar as instituições formais (efeito 7), por exemplo exigindo maior rigor regularizador e até mesmo a proibição ou a restrição do uso da tecnologia.

As organizações com fins lucrativos tentam, por sua vez, influenciar as atitudes individuais (efeito 2) de duas maneiras. As atitudes reforçadoras negativas significam oportunidades para que empresas vendedoras de tecnologias **concorrentes** e outras empresas participantes da cadeia de suprimentos possam distanciar-se da tecnologia que está sendo atacada. Exemplo disso é a oposição freqüente por parte de varejistas e processadoras na Europa e nos Estados Unidos. Ademais, a DuPont ofereceu um pacote tecnológico que torna a soja resistente a um herbicida (Synchrony), mas essa resistência é obtida por meio da genética convencional. Assim, grupos **concor-**

rentes de empresas tendem a emergir, compartilhando crenças e apoiando tecnologias alternativas (PORAC, THOMAS e BADEN-FULLER, 1989; MEINDL, STUBBART e PORAC, 1994; GARUD e RAPP, 1994).

Quanto às estratégias adotadas por **patrocinadoras**, estas tendem a privilegiar a sinalização ao consumidor dos benefícios da tecnologia e/ou a refutação dos argumentos dos opositores. As possíveis ações incluem publicidade, comunicação e medidas táticas para administrar o debate público (SANDMAN, 1986; MAHONEY, 1996), exemplificadas nos casos aqui discutidos pelas tentativas das patrocinadoras de realçar os benefícios potenciais dos OGMs em termos de nutrição ou segurança alimentar. As patrocinadoras também tentam mudar as instituições formais (efeito 3) pela interação com agências reguladoras para que estas relaxem as restrições ao uso da tecnologia (efeito 4). Assim, desde a introdução da BST a Monsanto vem interagindo ativamente com as agências reguladoras dos Estados Unidos e se opoem à rotulagem na tentativa de reduzir os custos associados à adoção da tecnologia. Contudo, as patrocinadoras não defendem a total **ausência** de regulamentação, porque isso influenciaria de modo crucial as percepções dos consumidores quanto à segurança (efeito 5). Portanto, as percepções de regulamentação alimentar fraca na Europa (manifestadas pelo advento da **doença da vaca louca**) podem explicar, em parte, as atitudes negativas em relação aos OGMs na região.

4.2. Ciclos de oposição e ciclos de apoio

O marco conceitual de três níveis mencionado permite a caracterização de dois ciclos auto-reforçadores que influenciam o processo de adoção. Nas situações em que instituições informais fornecem elementos salientes da tecnologia que podem ser utilizados por grupos organizados (sem fins lucrativos), é provável que haja oposição à tecnologia (efeito 6). Essas organizações respondem estrategicamente com tentativas de influenciar os indivíduos (efeito 8) ou de fazer com que a tecnologia seja banida ou restringida por instituições formais (efeito 7). Os indivíduos, por sua vez, mudam atitudes e geram quatro efeitos de retroalimentação: reforço de ideologias, normas ou questões culturais contra a tecnologia (efeito 9); maior apoio de organizações sem fins lucrativos (efeito 10); criação de oportunidades estratégicas para que concorrentes das patrocinadoras da tecnologia ou outros agentes se declarem fornecedores de tecnologias alternativas (formação de grupos concorrentes) (efeito 11); e maior conscientização do público para que pressione as instituições formais para impor restrições mais rigorosas à tecnologia (efeito 12). Esses efeitos de retroalimentação criam um **ciclo de oposição** à tecnologia.

Um ciclo alternativo aumenta o **apoio** dado à tecnologia ao longo do tempo. As patrocinadoras da tecnologia e suas coalizões tentam mudar as atitudes individuais (efeito 2) — por meio de publicidade, por exemplo — e as instituições formais

(efeito 3) para aumentar as percepções de segurança (efeito 5) ou reduzir as restrições regularizadoras à adoção (efeito 4). Isso pode provocar atitudes positivas, as quais têm dois efeitos distintos: aumentam a aceitação da tecnologia, reduzindo a preocupação do público (efeitos 11 e 12), ou reduzem o apoio do público às ações dos opositores (efeitos 8 e 9).

Qual ciclo será mais forte dependerá dos padrões de manobras estratégicas das organizações. Contudo, dependerá também de fatores exógenos que podem influenciar a trajetória da formação de atitudes (como a incidência da **doença da vaca louca** na Europa e o estudo influente, embora deficiente, de Arpad Pusztai). Os resultados finais são imprevisíveis por definição, mas o marco conceitual permite uma análise dos processos que podem reforçar cada ciclo.

4.3. Natureza da tecnologia

A natureza da tecnologia modera a emergência de ciclos de oposição e apoio. Griffith (1999) discute dois atributos tecnológicos que são relevantes aqui: a medida em que a tecnologia consiste de elementos **concretos** que podem ser descritos diretamente (em contraposição a elementos **abstratos**); e os elementos **básicos**, fundamentais ou centrais da tecnologia (em contraposição aos elementos **tangenciais**). Mudanças radicais dos elementos concretos e básicos tendem a provocar respostas cognitivas nos consumidores, que tentam compreender a tecnologia, dada a probabilidade de que esses elementos envolvam novidades e discrepâncias em relação aos padrões existentes. Mudanças dos elementos abstratos ou tangenciais provocam respostas cognitivas em menor grau. Griffith (1999) propõe que, quando os elementos são abstratos e tangenciais, há espaço para outros agentes moldarem atitudes individuais. Assim, a tecnologia RR envolve elementos abstratos (pois focaliza determinados processos produtivos) e elementos tangenciais do produto (já que elementos básicos, como sabor e atributos físicos, permanecem inalterados). Contrastando com isso, o tomate Flavr Savr envolve modificações de elementos concretos (amolecimento mais lento do tomate maduro) e elementos básicos do produto (frescor, sabor). Contudo, nota-se que esses atributos não determinam plenamente e com toda certeza o sucesso de uma tecnologia. A BST também envolve elementos abstratos e tangenciais do leite, mas a tecnologia foi considerada bem-sucedida apesar das reações negativas iniciais.

Outro aspecto é a facilidade com que as modificações associadas à tecnologia podem ser **mensuradas** (BARZEL, 1982; NORTH, 1990). Se as modificações puderem ser mensuradas a baixo custo, as ações estratégicas das organizações que se opõem à tecnologia farão pouco sentido; os indivíduos poderão, simplesmente, observar produtos alternativos, escolhendo aqueles que preferirem. Quando a mensuração for difícil, o efeito das ações estratégicas dos opositores terá maior força em potencial, já que os indivíduos terão menos certeza sobre o

conteúdo de certos produtos e não poderão manifestar suas escolhas com base apenas nas características visíveis ou passíveis de teste dos produtos. As crenças terão, provavelmente, papel fundamental nesse caso. Modificações genéticas que envolvem alterações nos processos produtivos (como é o caso da maioria dos OGMs projetados para serem adequados a determinadas práticas agrônômicas) impõem, tipicamente, dificuldades de mensuração, porque é impossível ou excessivamente caro inferir os atributos distintivos do produto (ZYLBERSZTAJN, LAZZARINI e MACHADO FILHO, 1999; PHILIPS e ISAAC, 1998). Quando a rotulagem está ausente, as organizações que se opõem à tecnologia tendem a utilizar essa ausência para provocar reações negativas e/ou impor restrições ao produto⁽¹⁰⁾.

É importante, ainda, considerar o **locus da apropriação das rendas adicionais** geradas pela nova tecnologia ao longo da cadeia de suprimentos. Tecnologias focadas em processo tendem a gerar rendas extraordinárias que são capturadas pelas etapas intermediárias da cadeia. Tanto a BST quanto a soja RR geraram reduções de custo apropriadas por agricultores e *royalties* tecnológicos apropriados por empresas de P&D. Consumidores e etapas posteriores da cadeia de suprimentos (armazenadoras, processadoras, atacadistas, varejistas) não conseguem apropriar-se de rendas substanciais (FALCK-ZEPEDA, TRAXLER e NELSON, 1999). Além disso, a rotulagem obrigatória acarretaria maior aumento de custos para esses agentes do que para agricultores e patrocinadoras da tecnologia. Por outro lado, em princípio a modificação genética focada em atributos de produtos deveria gerar rendas a serem capturadas pelas etapas posteriores da cadeia de suprimentos e beneficiar o consumidor de modo mais visível sem o custo adicional associado à rotulagem, conforme indica o exemplo do tomate Flavr Savr. Tais benefícios tendem a provocar reações positivas em relação à tecnologia (ENRIQUEZ e GOLDBERG, 2000).

5. COMENTÁRIOS FINAIS

O marco conceitual apresentado aqui, baseado em estudos de caso no setor de biotecnologia agrícola, dá conta de como interações complexas entre indivíduos, instituições formais (regulamentação, políticas públicas etc.), instituições informais (normas, ideologias, cultura), patrocinadoras da tecnologia e suas concorrentes podem criar ciclos alternativos que reforçam a oposição ou o apoio em relação à tecnologia. As organizações sem fins lucrativos desempenham papel fundamental nesse processo, exatamente porque estão interessadas em aumentar o número de pessoas que apóiam suas ações, o qual é função direta da capacidade dessas organizações de reforçar certas atitudes ao longo do tempo com base em instituições informais. Nesse cenário, a concorrência baseia-se não só em produtos ou serviços, mas também (e de modo mais importante) em atitudes (MEINDL, STUBBART e PORAC, 1994).

Determinadas características dessas tecnologias moderam o processo ao influenciar a maneira como as atitudes individuais são moldadas por organizações e os ciclos de reforço são formados. A probabilidade de reforço dos ciclos de oposição (atitudes negativas) é menor quando a inovação está focada em elementos concretos e básicos, facilita a mensuração e oferece benefícios nas etapas posteriores da cadeia de suprimentos associada.

O marco conceitual é capaz de explicar a ausência de determinismo com base nos ciclos auto-reforçadores alternativos que resultam da interação entre os vários grupos afetados pela tecnologia, gerando resultados que não podem ser previstos no início. Isso é importante porque a incerteza na adoção da tecnologia é usualmente modelada como **eventos aleatórios** e, portanto, externos ao escopo do modelo que está sendo utilizado para descrever o processo (ARTHUR, 1994). Entretanto, conforme apontam Dutton e Starbuck (1979, p.508), “por definição eventos aleatórios não têm causa. [A introdução da aleatoriedade no processo de inovação e difusão] não promete grande coisa em termos de explicar os efeitos”. No presente artigo, responde-se a essa crítica investigando o mecanismo de interação entre indivíduos, organizações e instituições que causa a ausência de determinismo. A compreensão desses processos

não só estende os limites dos modelos (internalizando fatores normalmente considerados eventos aleatórios), mas também ajuda a evitar decisões malconcebidas que poderiam gerar consequências imprevistas duradouras. Portanto, do ponto de vista gerencial a compreensão dos padrões de interação entre instituições, organizações e indivíduos é um subsídio importante para o processo de desenhar estratégias que visam ao reforço dos ciclos de apoio e ao enfraquecimento dos ciclos de oposição.

Uma importante limitação da teoria desenvolvida aqui reside no fato de que se baseia em poucos estudos de caso, podendo, portanto, negligenciar outros fatores que influenciam o processo de adoção de tecnologias sob incerteza. Além disso, a discussão restringiu-se a tecnologias que resultam em modificações de atributos de produtos (ou seus processos produtivos) e apresentam incerteza quanto à segurança. Os exemplos incluem não só alimentos e tecnologia agrônômica, mas também produtos farmacêuticos, procedimentos médicos e demais tecnologias associadas a determinado grau de risco. Por exemplo, Winskel (2002) discute a maneira como, na Grã-Bretanha, múltiplas contingências influenciaram as perspectivas para programas de energia nuclear. O marco conceitual apresentado neste artigo será ampliado em trabalhos futuros para abranger outros tipos de tecnologia. ♦

NOTAS

- (1) Publicado no *St. Louis Post-Dispatch* em 19 de fevereiro de 1995.
- (2) O termo **determinismo tecnológico** também já foi utilizado na literatura de economia organizacional (por exemplo, WILLIAMSON, 1985) para caracterizar teorias que enfatizam escolhas organizacionais baseadas em considerações de tecnologia em vez de custos transacionais. O uso do termo aqui é algo diferente, já que o interesse principal é descrever a adoção tecnológica e não a escolha organizacional.
- (3) Tais retornos incrementais podem advir de vários fatores, sendo o principal fator as **externalidades de rede** (*network externalities*). Em outras palavras, os benefícios obtidos por uma pessoa ou firma ao adotar uma tecnologia correlacionam-se positivamente com o número de pessoas ou firmas que adotam ou esperam adotar a mesma tecnologia.
- (4) Havia a preocupação de que o aumento de produtividade pudesse causar superprodução, prejudicando sobremaneira os pequenos produtores.
- (5) No caso da BST, a aprovação da FDA foi necessária por, tecnicamente, ser ela uma droga, embora utilizada na agropecuária.
- (6) Carta publicada pelo jornal *The New York Times* em 26 de janeiro de 1993.
- (7) A EPA exigiu a divulgação de técnicas de gerenciamento de ervas daninhas associada às vendas do produto para evitar que as próprias ervas daninhas desenvolvessem resistência ao Roundup, por causa da seleção natural após sucessivas aplicações. A FDA não participou desse processo, entendendo que a soja RR não estava sob sua jurisdição porque não havia alteração do conteúdo nutricional nem da composição do produto.
- (8) Alguns grupos reconheciam que a tecnologia RR resultava no uso **reduzido** de herbicidas, graças ao cronograma de aplicações mais eficiente (FLYNN, CAREY e ECHIKSON, 1998; SEEDS..., 1999), mas de modo geral os ambientalistas aparentemente não levavam esse fato em conta.

NOTAS

- (9) Durante o movimento inicial na Alemanha, Joerg Naumman (porta-voz da Greenpeace local) declarou que os manifestantes queriam que as processadoras de soja dissessem “exatamente que grãos estão processando, aonde o óleo vai e se pretendem declarar em separado” os OGMs (KOENIG, 1996).
- (10) Note-se que embora elementos abstratos sempre envolvam problemas de mensuração, o contrário não

é necessariamente verdadeiro. As modificações podem envolver algum elemento concreto do produto (por exemplo, uma substância nova em um medicamento ou suplemento nutricional), mas a mensuração pelo consumidor pode ser difícil mesmo assim. A mensuração pode ser atingida apenas pela experiência ou, em casos extremos, pela convicção (como é o caso de alguns produtos homeopáticos, por exemplo).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, P.; TUSHMAN, M.L. Technological discontinuities and dominant designs: a cyclical model of technological change. *Administrative Science Quarterly*, Ithaca, v.35, Issue 4, p.604-634, Dec. 1990.

ARTHUR, W.B. Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. *The Economic Journal*, v.99, n.394, p.116-131, Mar. 1989.

_____. *Increasing returns and path dependence in the economy*. Ann Arbor: Michigan University Press, 1994.

BARLEY, S. Technology as an occasion for structuring: evidence from observation of CT scanners and the social order of radiology departments. *Administrative Science Quarterly*, Ithaca, v.31, n.1, p.78-108, Mar. 1986.

BARNUM, A. Biotech tomatoes closer to market. *The San Francisco Chronicle*, p.B1, Oct. 17 1992.

BARZEL, Y. Measurement cost and the organization of markets. *Journal of Law e Economics*, v.25, n.1, p.27-48, Abr. 1982.

BEREANO, P.; KRAUS, F. The politics of altered foods. *The Seattle Times*, Seattle, p.B13, Nov. 7 1999.

BIKHCHANDANI, S.; HIRSHLEIFER, D.; WELCH, I. A theory of fads, fashion, customs, and cultural change as information cascades. *Journal of Political Economy*, v.100, n.5, p.992-1026, Oct, 1992.

BORLAUG, N. We need biotech to feed the world. *Wall Street Journal*, Dec. 6 2000.

BOVINE somatotropin: going sour. *The Economist*, London, p.82, Apr. 6 1991.

CARPENTER, J.; GIANESSI, L. Herbicide tolerant soybeans: why growers are adopting roundup ready varieties. *AgBioForum*, Columbia, v.2, n. 2, p. 65-72, 1999.

CLARK, A. Economic reason: the interplay of individual learning and external structure. In: DROBAK, J.N.; NYE, J.V.C. (Ed.). *The frontiers of the new institutional economics*. San

Diego: Academic Press, 1997.

DAVID, P. Clio and the economics of QWERTY. *American Economic Review*, v.75, n.2, p.332-337, 1985.

DENZAU, A.T.; NORTH, D.C. Shared mental models: ideologies and institutions. *Kyklos*, v.47, n.1, p.3-31, 1994.

DeSANCTIS, G.; POOLE, M.S. Capturing the complexity in advanced technology use: adaptive structuration theory. *Organization Science*, v.5, n.2, p.121-147, May 1994.

DUTTON, J.M.; STARBUCK, W.H. Diffusion of an intellectual technology. In: KRIPPENDORFF, K. (Ed.). *Communication and control in society*. New York: Gordon and Breach Science, 1979. p.489-511.

EAGLY, A.H.; CHAIKEN, S. *The psychology of attitudes*. Fort Worth: Harcourt Brace e Company, 1993.

EISENHARDT, K. Building theories from case research. *Academy of Management Review*, v.14, n.4, p.532-550, Oct. 1989.

ENRIQUEZ, J.; GOLDBERG, R.A. Transforming life, transforming business: the life-science revolution. *Harvard Business Review*, p.96-104, Mar./Apr. 2000.

EPSTEIN, S.R. Growth hormones would endanger milk. *Los Angeles Times*, Los Angeles, p.7, July 27 1989.

FALCK-ZEPEDA, J.B.; TRAXLER, G.; NELSON, R.G. *Rent creation and distribution from biotechnology innovations: the case of Bt cotton and herbicide-tolerant soybeans*. Trabalho apresentado na conferência “Transitions in Agbiotech: Economics of Strategy and Policy”, Washington-DC, 1999.

FAMA, E.; JENSEN, M. Organizational forms and investment decisions. *Journal of Financial Economics*, v.14, n.1, p.101-119, Mar. 1985.

FLYNN, J.; CAREY, J.; ECHIKSON, W. Seeds of discontent. *Business Week*, p.62, Feb. 2 1998.

GARUD, R.; RAPPA, M.A. A socio-cognitive model of technology evolution: the case of cochlear implants.

- Organization Science*, v.5, n.3, p.344-362, Aug. 1994.
- GLASER, B.; STRAUSS, A. *The discovery of grounded theory*. Chicago: Aldine, 1967.
- GRANOVETTER, M. Threshold models of collective behavior. *American Journal of Sociology*, v.83, p.1420-1443, 1978.
- GREIF, A. On the interrelations and economic implications of economic, social, political, and normative factors: reflections from two late medieval societies. In: DROBAK, J.N.; NYE, J.C. (Ed.). *The frontiers of the new institutional economics*. San Diego: Academic Press, 1997. p.57-94.
- GREISING, D.; CAREY, J.; ARMSTRONG, L. Crying over unnatural milk. *Business Week*, p.48, Nov. 22 1993.
- GRIFFITH, T.L. Technology features as triggers for sensemaking. *Academy of Management Review*, v.24, n.3, p.472-488, July 1999.
- HOFSTEDE, G. *Culture's consequences*. Beverly Hills: Sage, 1980.
- JOLY, P-B.; LAMARIÉ, S. Industry consolidation, public attitude and the future of plant biotechnology in Europe. *AgBioForum*, Columbia, v.1, n.2, p.85-90, 1998.
- KALAITZANDONAKES, N.; HAYENGA, M. *Structural change in the biotechnology and seed industrial complex: theory and evidence*. Trabalho apresentado na conferência "Transitions in AgBiotech: Economics of Strategy and Policy", Washington-DC, 1999.
- KERR, W.A. International trade in transgenic food products: a new focus for agricultural trade disputes. *The World Economy*, v.22, n.2, p.249-259, Feb. 1999.
- KOENIG, R. Greenpeace campaigns against 'altered' soybeans. *Journal of Commerce*, p.5A, Nov. 7 1996.
- LAMBRECHT, W. Judge blocks Monsanto's biotechnology efforts in Brazil: altered soybeans worry consumers, setback puts profits at risk. *St. Louis Post-Dispatch*, St. Louis, p.B6, Sept. 20 1998.
- LATOUR, B. *Science in action*. Cambridge: Harvard University Press, 1987.
- LOADER, R.; HENSON, S. A view of GMOs from the UK. *AgBioForum*, Columbia, v.1, n.1, p.31-34, 1998.
- MAGNUSSON, P.; PALMER, A.T.; CAPELL, K. Furor over "frankenfood". *Business Week*, p.50, Oct. 18 1999.
- MAHONEY, R.J. *The anatomy of a public policy crisis*. The CEO Series, 4, Center for the Study of American Business, Washington University in St. Louis, 1996.
- MARSHALL, K.K. What's in a label? *AgBioForum*, Columbia, v.1, n.1, p.35-37, 1998.
- MEINDL, J.R.; STUBBART, C.; PORAC, J.F. Cognition within and between organizations: five key questions. *Organization Science*, v.5, n.3, p.289-293, Aug. 1994.
- NASH, M. Grains of hope. *Time*, p.39-46, July 31 2000.
- NORTH, D.C. *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- ORLIKOWSKI, W.J. The duality of technology: rethinking the concept of technology in organizations. *Organization Science*, v.3, n.3, p.398-427, Aug. 1992.
- PHILLIPS, P.W.B.; ISAAC, G. GMO labeling: threat or opportunity? *AgBioForum*, Columbia, v.1, n.1, p.25-30, 1998.
- PORAC, J.F.; THOMAS, H.; BADEN-FULLER, C. Competitive groups as cognitive communities: the case of scottish knitwear manufacturers. *Journal of Management Studies*, v.26, n.1, p.397-416, Jan. 1989.
- RINDOVA, V.P.; FOMBRUN, C.J. Constructing competitive advantage: the role of firm-constituent interactions. *Strategic Management Journal*, v.20, n.8, p.691-710, Aug. 1999.
- SANDMAN, P.M. Getting to maybe: some communications aspects of siting hazardous waste facilities. *Seton Hall Legislative Journal*, v.9, p.437-465, 1986.
- SCHELLING, T. *Micromotives and macrobehavior*. New York: W.W. Norton, 1978.
- SCHNEIDER, K. U.S. approves use of drug to raise milk production. *The New York Times*, New York, p.1, Nov. 6 1993.
- _____. Grocers challenge use of new drug for milk output. *The New York Times*, New York, p.A1, Feb. 4 1994.
- SEEDS of discontent. *The Economist*, London, p.75-76, Feb. 20 1999.
- SILER, J.F.; CAREY, J. Is Monsanto "burning money" in its biotech barn? *Business Week*, p.74, Sept. 2 1991.
- STEYER, R. FDA defends safety of milk hormone. *St. Louis Post-Dispatch*, St. Louis, p.1C, Aug. 24 1990.
- _____. New age for milk industry; cow drug on market after years of study. *St. Louis Post-Dispatch*, St. Louis, p.1A, Feb. 4 1994a.
- _____. BST not an issue in stores: few consumers ask questions. *St. Louis Post-Dispatch*, St. Louis, p.1E, Aug. 21 1994b.
- _____. Soybean labeling sought: Europeans question gene-altered crops. *St. Louis Post-Dispatch*, St. Louis, p.13B, Sept. 28 1996.
- SUGARMAN, C. Grocery chains refuse 'engineered' milk products. *The Washington Post*, Washington, DC, p.A10, Aug. 24 1989.

- WEICK, K.E. Enactment processes in organizations. In: STAW, B.M.; SALANCIK, G. (Ed.). *New directions in organizational behavior*. Chicago: St. Lair, 1977. p.267-300.
- _____. Technology as equivoque: sensemaking in new technologies. In: GOODMAN, P.S.; SPROULL, L. (Ed.). *Technology and organizations*. San Francisco: Jossey Bass, 1990. p.1-44.
- WILLIAMSON, O.E. *The economic institutions of capitalism*. New York: The Free Press, 1985.
- _____. Transaction cost economics and organization theory. *Industrial and Corporate Change*, Berkeley, v.2, n.2, p.107-157, 1993.
- WILLMAN, J. Supermarkets in move on modified food. *Financial Times*, Londres, Mar. 18 1999.
- WINSKEL, M. Autonomy's end: nuclear power and the privatization of the British electricity supply industry. *Social Studies of Science*, v.32, p.439-468, 2002.
- YIN, R. *Case study research: design and methods*. Newbury Park: Sage, 1989.
- ZACHENDORF, B. Agricultural biotechnology: why do Europeans have difficulty accepting it? *AgBioForum*, Columbia, v.1, n.1, p.8-13, 1998.
- ZENGER, T.R.; LAZZARINI, S.G. Corporate strategy at Monsanto: pressure to end the life sciences experiment. *Olin Case Series*. Washington, D.C.: Washington University, 2000.
- ZYLBERSZTAJN, D. (Coord.). *Cost impacts of GM soybean in different countries: contrasting US, Canada, Australia, and Argentina*. Texto para discussão. São Paulo: PENSA — Universidade de São Paulo, 2000.
- ZYLBERSZTAJN, D.; LAZZARINI, S.G.; MACHADO FILHO, C.A.P. Avaliação dos impactos de variedades transgênicas no sistema agroindustrial da soja. *Revista de Administração da Universidade de São Paulo (RAUSP)*, São Paulo, v.34, n.3, p.21-31, jul./set. 1999.

Strategic interaction and lack of determinism in technological innovation: the case of agricultural biotechnology

Interactions between constituencies directly or indirectly affected by a technology create reinforcing cycles of positive or negative attitudes influencing its adoption. This induces lack of technological determinism because the process of adoption becomes subject to unanticipated consequences. I contribute to the literature by detailing processes that cause lack of technological determinism. Namely, I propose a framework describing patterns of interaction between individuals, organizations, and institutions, as well as some characteristics of the technology itself, that influence the process of adoption. To build this framework, I employ three case studies in the agricultural biotechnology industry: bovine somatotropin (BST) used in milk production, the Flavr Savr tomato, and the Roundup Ready soybean.

Uniterms: technological innovation, technological determinism, institutions, genetically modified organisms, agricultural biotechnology.

Interacción estratégica y ausencia de determinismo en la innovación tecnológica: el caso de la biotecnología agrícola

Las interacciones entre grupos directa o indirectamente afectados por una tecnología producen ciclos reforzadores de actitudes positivas o negativas que influyen la adopción de la tecnología. Ello conduce a la ausencia de determinismo tecnológico, porque el proceso de adopción está sujeto a consecuencias imprevistas. En este artículo, se contribuye a la literatura con el estudio detallado de los procesos que causan esa ausencia de determinismo tecnológico. Más específicamente, se propone un marco conceptual para la descripción de patrones de interacción entre individuos, organizaciones e instituciones que influyen el proceso de adopción, a la par de ciertas características de la misma tecnología. Se emplean tres estudios de caso del sector de biotecnología agrícola para construir dicho marco: el de la somatotropina bovina (BST), utilizada en la producción de leche; el del tomate Flavr Savr; y el de la soya Roundup Ready.

Palabras clave: innovación tecnológica, determinismo tecnológico, instituciones, organismos genéticamente modificados, biotecnología agrícola.