

GESTÃO DA SUSTENTABILIDADE ORGANIZACIONAL:
DESENVOLVIMENTO DE ECOSISTEMAS COLABORATIVOS



GESTÃO DA SUSTENTABILIDADE ORGANIZACIONAL

VOLUME 1

DESENVOLVIMENTO DE
ECOSSISTEMAS COLABORATIVOS

Adalberto M. M. Azevedo
Marco Antonio Silveira (orgs.)





Organizadores

Adalberto Mantovani Martiniano de Azevedo
Marco Antonio Silveira

Autores de capítulos

Adalberto Mantovani Martiniano de Azevedo
Ana Karina da Silva Bueno
Ana Lúcia Vitale Torkomian
Daniela da G. e S. V. M. de Moraes
Daniela Maria Cartoni
Iara Regina da Silva Ferreira
José Rocha Andrade da Silva
Josiane Fachini Falvo
Marília Tunes Mazon
Marco Antonio Silveira
Nanci Gardim
Sérgio de Oliveira Caballero
Tiago Barreto Rocha

Impresso no Brasil, Outubro de 2011

Copyright © 2011 by

Adalberto Mantovani Martiniano de Azevedo e Marco Antonio Silveira

Os direitos desta edição pertencem ao

CTI (Centro de Tecnologia da Informação "Renato Archer")

Rodovia Dom Pedro I, Km 143,6 – 13069-901 – Campinas SP, Brasil

Telefone de contato: +55 (19) 3746-6083

E-mail de contato: gaia@cti.gov.br

Endereço eletrônico: <http://www.cti.gov.br/gaia>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Adalberto Mantovani Martiniano de Azevedo e Marco Antonio Silveira (Organização)
Gestão da Sustentabilidade Organizacional: Desenvolvimento de Ecossistemas
Colaborativos; – Campinas, SP: CTI (Centro de Tecnologia da Informação "Re-
nato Archer"), 2011.
208 pp.

ISBN 978-85-65163-01-9

1. Gestão Organizacional 2. Pesquisa e Desenvolvimento. 3. Inovação Tecnológica.
4. Indústria Eletrônica 5. Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer.
I. Título.

CDD – 658.406

Índices para Catálogo Sistemático:

1. Gestão Organizacional – 658.406
2. Inovação Tecnológica – 338.064
3. Pesquisa e Desenvolvimento – 658.57
4. Indústria Eletrônica – 338.47621381

Organizadores

Adalberto Mantovani Martiniano de Azevedo

Marco Antonio Silveira

Gestão Editorial

CEDET – Centro de Desenvolvimento Profissional e Tecnológico Ltda.

Revisão

Sílvia Elizabeth da Silva

Capa, projeto gráfico e editoração

João Toniolo

Imagem de fundo da capa

© Foxaon | Dreamstime.com

Impressão

Gráfica Bandeirantes

Reservados todos os direitos desta obra.

Proibida toda e qualquer reprodução desta edição por qualquer meio ou forma, seja ela eletrônica ou mecânica, fotocópia, gravação ou qualquer outro meio de reprodução, sem permissão expressa do editor.

SUMÁRIO

Prefácio	
<i>Sergio Luiz Monteiro Salles Filho</i>	11

Apresentação	
<i>Adalberto Mantovani M. de Azevedo e Marco Antonio Silveira</i>	15

SEÇÃO 1: GESTÃO DE ECOSISTEMAS ORGANIZACIONAIS PARA O DESENVOLVIMENTO SÓCIO-ECONÔMICO

1. Introdução à sustentabilidade organizacional: integrando o capital humano aos ecossistemas organizacionais	
<i>Marco Antonio Silveira</i>	23
2. Gestão de arranjos multiorganizacionais para a inovação: a contribuição do conceito de ecossistemas organizacionais	
<i>Adalberto Mantovani Martiniano de Azevedo</i>	53

SEÇÃO 2: GERAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA EM ECOSISTEMAS ORGANIZACIONAIS

3. A disseminação do conhecimento no apoio à inovação e sustentabilidade organizacional: a importância dos portais corporativos	
<i>Nanci Gardim, Daniela Maria Cartoni e Sérgio de Oliveira Caballero</i>	81
4. Transferência de tecnologia, inovação tecnológica e desenvolvimento	
<i>Ana Lúcia Vitale Torkomian</i>	101
5. Parque Científico da Unicamp: papel estratégico no desenvolvimento do sistema local de inovação de Campinas	
<i>Josiane Falvo e Iara Regina da Silva Ferreira</i>	115

SEÇÃO 3: SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA ELETRÔNICA: LEGISLAÇÃO, DESAFIOS E OPORTUNIDADES

6. Políticas setoriais de fomento à indústria microeletrônica no Brasil: descrição e resultados	
<i>Ana Karina da Silva Bueno</i>	133
7. Avaliação do Ciclo de Vida como ferramenta para sustentabilidade do setor eletroeletrônico	
<i>José Rocha Andrade da Silva e Tiago Barreto Rocha</i>	157
8. Gestão da cadeia produtiva de ciclo fechado em empresas do setor eletroeletrônico para adequação a requisitos ambientais	
<i>Marília T. Mazon e Daniela da G. e S. V. M. de Moraes</i>	173
9. Gestão da sustentabilidade em ecossistema organizacional: caso ilustrativo na indústria eletrônica	
<i>Marco Antonio Silveira</i>	189

SOBRE OS AUTORES

Adalberto Mantovani Martiniano de Azevedo

Bacharel em Administração Pública pela UNESP (1999), mestre (2005) e doutor (2010) em Política Científica e Tecnológica pela UNICAMP. Atualmente, é pesquisador no Departamento de Tecnologias de Suporte à Decisão do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI) e coordenador acadêmico do Grupo de Apoio à Inovação e Aprendizagem em Sistemas Organizacionais (GAIA). Tem interesse nas áreas de análise e avaliação de políticas de ciência, tecnologia e inovação, e gestão de arranjos multiorganizacionais para a inovação.

Ana Karina da Silva Bueno

Possui graduação em Economia pela Universidade Federal de Santa Catarina (1998) e mestrado em Ciência Econômica pela Universidade Estadual de Campinas (2004). Tem experiência na área de Economia Fundiária e do Meio Ambiente.

Ana Lúcia Vitale Torkomian

Engenheira de Produção pela Universidade Federal de São Carlos – UFSCar (1987), mestre (1992) e doutora (1997) em Administração, área de Gestão de Ciência e Tecnologia, pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo – FEA/USP. É docente do Departamento de Engenharia de Produção – DEP/UFSCar desde 1993, tendo ocupado no período de novembro de 2009 a julho de 2011 o cargo de Secretária Adjunta na Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – SETEC/MCTI.

Daniela da Gama e Silva Volpe Moreira de Moraes

Possui graduação em Administração Pública pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2008) e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (2011).

Daniela Maria Cartoni

Possui Mestrado em Política Científica e Tecnológica pela Universidade Estadual de Campinas (2002), MBA em Gestão de Recursos Humanos pela FAV (2008) e Graduação em Ciências Sociais pela Universidade Estadual de Campinas (1998). Atua como professora universitária e consultora organizacional.

José Rocha Andrade da Silva

Possui graduação em Química pela Universidade Estadual de Campinas (1981) e mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2000). Atualmente é Pesquisador do Centro de Pesquisas Renato Archer.

Josiane Fachini Falvo

Doutora e mestre em Economia pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Bacharel em Ciências Sociais e Jurídicas. Sócia-diretora da TRIELIS – Consultoria em Tecnologia e Inovação e pesquisadora da FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas.

Iara Regina da Silva Ferreira

Bacharel em Direito pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (1989), especialista em Gestão da Sustentabilidade e Responsabilidade Corporativa pela UNICAMP (2010). Atualmente é Secretária Executiva do Parque Científico da UNICAMP e Gerente do Centro de Inovação de Software – UNICAMP.

Marco Antonio Silveira

Doutor, mestre e engenheiro com experiência em gestão tecnológica, empresarial e acadêmica através de atividades de direção, consultoria, ensino e pesquisa. Atua desde 1986 no CTI e, desde 1994, como docente em diversos cursos de pós-graduação (UNICAMP, PUC-Campinas, UNISAL, INPG, USM entre outras)

Marília Tunes Mazon

Graduada em Ciências Econômicas e Relações Internacionais pela FACAMP (2010). Atualmente, é pesquisadora do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI).

Nanci Gardim

Atua como pesquisadora no Centro de Tecnologia da Informação “Renato Archer” (CTI-MCT). Já atuou na elaboração de Estudos de Caso sobre os Licenciamentos de Tecnologias efetuados pela Agência de Inovação Inova Unicamp e, no desenvolvimento de cursos e treinamentos (presenciais, à distância e semipresenciais) para capacitação de profissionais de Núcleos de Inovação Tecnológica (Projeto InovaNIT). Graduada em Comunicação Social/Rádio e TV pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP/2002).

Sérgio de Oliveira Caballero

Mestre em Informática pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (2006) e graduado em Ciência da Computação pela Universidade Municipal de São Caetano do Sul (2000). Possui experiência de 22 anos na área de Telecomunicações tendo atuado em vários projetos nacionais e internacionais. Atualmente é coordenador Executivo do GAIA no Centro de Tecnologia da Informação “Renato Archer” (CTI-MCT), também atua como professor de gestão de projetos e gestão de TI em diversos cursos de MBA. Membro ativo do PMI (Project Management Institute) desde 2004.

Tiago Barreto Rocha

Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Estadual de Santa Cruz (2008), mestre em Engenharia Mecânica e de Materiais pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2011). Atualmente é pesquisador do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI) no âmbito do programa AMBIENTRONIC.



PREFÁCIO

Sergio Luiz Monteiro Salles Filho¹

QUANDO BENS E SERVIÇOS inovadores são lançados e têm sucesso, pode-se ter certeza que um jogo coletivo relativamente bem construído esteve por trás. Digo ‘relativamente’ porque a construção de um jogo coletivo, além de planejamento e divisão de tarefas com boa coordenação, exige também flexibilidade, tato e um sentimento de oportunidade que não é nada trivial. Em inovação, quase nunca o que se planeja é exatamente o que se obtém. Quase sempre os resultados serão um conjunto de coisas imaginadas combinadas com outras inesperadas.

Evidentemente, este fato observável – e tão característico do avanço do conhecimento e da criação do novo – não supõe apenas comportamentos tácitos e métodos intuitivos. Muito ao contrário, coloca imensos desafios para quem busca a inovação. Planejar, gerenciar, acompanhar e avaliar programas, modelos, arranjos, projetos e tudo o que exija desenvolver e colocar em uso coisas que até então não existiam é e, sempre será, uma fronteira do conhecimento para as ciências da gestão.

A diversidade e a velocidade com que indústrias, mercados e empresas emergem e submergem no espaço hiper competitivo da inovação tecnológica é, em si, um desa-

¹ Engenheiro Agrônomo formado pela UFRRJ (1980), mestre em Ciências Agrárias pela Unesp de Botucatu (1985) e doutor em Economia pela Unicamp (1993), é Professor Titular do Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Unicamp. Foi Superintendente de Planejamento Operacional da FINEP durante o período 2001–2003. Na Unicamp destaca-se como ganhador por três vezes do Prêmio Zeferino Vaz (1998, 2001 e 2009), em reconhecimento pelo desempenho acadêmico. Atualmente é coordenador de avaliação de programas da FAPESP e Diretor da Faculdade de Ciências Aplicadas da Unicamp. Fundou, juntamente com Rui Albuquerque, em 1995, o Grupo de Estudos sobre Organização da Pesquisa e da Inovação – GEOPI. Tem como linhas de pesquisa a economia, o planejamento e a gestão de ciência, tecnologia e inovação.

fio maior para o planejamento e a gestão. Não bastasse isto, este desafio vem acompanhado de contornos polimórficos relacionados à sustentabilidade. Não basta inovar, é preciso fazê-lo atendendo a um mundo cambiante de valores e preocupações.

Na verdade, os contornos da sustentabilidade acabam definindo rumos e tendências que permeiam todos os setores. Dos segmentos mais tradicionais aos mais contemporâneos, dos mais óbvios aos nem tanto. Automobilística, petroquímica e siderurgia com seus problemas ambientais intrínsecos, mas também eletrônica de consumo, softwares e literatura, têm agenda sustentável pela frente. Em alguns casos, inovação está se tornando sinônimo de busca de soluções sustentáveis.

O livro que o leitor ora aprecia entra no mar agitado destes temas e coloca uma perspectiva desafiadora para a gestão da inovação na indústria eletrônica, com atenção naquilo que os autores chamam do triple bottom line da sustentabilidade: as dimensões econômica, social e ambiental. Seu ponto de partida é a noção de que os ambientes inovadores operam como ecossistemas e, como tal, exigem modelos complexos de organização e gestão. Mais que isto, esses ambientes têm, crescentemente, diretrizes sustentáveis. De um lado e de outro, inovar e ter sucesso torna-se a meta a buscar e a defender.

O inesgotável debate sobre as relações entre ambiente acadêmico, indústria e governo, precisa, de fato, de uma abordagem sistêmica para prosperar. Antes estacionado na sombra de assertivas de lugar-comum, como a de que esses três grupos de atores são diferentes e têm linguagens diferentes, necessitando traduções, o debate tem se renovado com perspectivas sistêmicas e, mais recentemente, ecossistêmicas.

Uma nova tecnologia, por mais bem desenvolvida e tecnicamente bem avaliada e testada que seja nada mais é que uma nova tecnologia. Daí a ela ser usada por empresas, consumidores finais, governo etc. vai uma distância oceânica. Alguém tem que produzir, vender, distribuir, querer comprar, consertar, renovar etc.

São realmente animais diferentes esses que povoam os ambientes inovativos. Têm visões e interesses diferentes que não se orientam com a mera tradução de linguagem. Trata-se, sobretudo, de uma questão de compromisso entre as partes, pois, como se sabe, quando um não quer, dois não fazem. Assim é com jogos coletivos: talentos e visões individuais complementam-se em ações conjuntas que podem levar ao sucesso. Quanto mais bem compromissados e orquestrados, mais nítidas ficam as chances de bons resultados (embora nada possa, de verdade, garantir o sucesso).

Modelos organizacionais e de gestão específicos, modelos institucionais com suas regras e referências balizadoras das decisões, são as exigências da gestão deste tipo de coisas. Um mundo de alternativas e opções conceituais e metodológicas abre-se neste contexto. O mais curioso é que, apesar de exigente em modelos, este mundo não é muito dado a padrões e práticas rígidas.

É aqui que reside a arte de quem se lança no mar agitado da gestão da inovação em bases sustentáveis: prover conceitos e ferramentas que deem suporte as duas das

características mais críticas dessa atividade: a flexibilidade para lidar com o inesperado e o inusitado e a complexidade dos interesses conflitantes e oscilantes dos agentes da inovação.

A presente obra contribui com ideias e conceitos promissores (seção 1), propõe ferramentas, modelos e casos ilustrativos (seção 2) e faz uma aplicação em particular para o ecossistema organizacional da indústria eletrônica (seção 3).

Ganham todos com mais esta obra elaborada pelo Grupo GAIA, sediado no Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, local mais que apropriado para pensar o desenvolvimento daquela que provavelmente é a mais inovativa das indústrias destes nossos tempos.

Sergio Luiz Monteiro Salles Filho



APRESENTAÇÃO

ESTE LIVRO SE ORIGINA das atividades de pesquisa e extensão desenvolvidas pelo Grupo de Apoio à Inovação e Aprendizagem em Sistemas Organizacionais (GAIA), um grupo de pesquisas aplicadas sediado no Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), unidade de pesquisa diretamente ligada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), localizada em Campinas (SP).

Alinhado com a missão do CTI, o GAIA foi concebido para auxiliar a viabilização da indústria eletrônica no Brasil, bem como de outros setores intensivos em tecnologia, atuando em iniciativas como a Rede de Tecnologia e Serviços de Qualificação e Certificação em Tecnologia da Informação (Rede TSQC), o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos (INCT-NAMITEC), entre outras ações relevantes, como as conduzidas junto à Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos, Odontológicos, Hospitalares e de Laboratórios (ABIMO).

Um dos objetivos estratégicos do GAIA é disseminar informações de interesse para os seus públicos-alvo, razão de ser dos dois volumes desta série “Gestão da Sustentabilidade Organizacional”. Neste primeiro volume, os textos estão focados em questões relativas a ecossistemas organizacionais. O segundo volume, intitulado “Gestão da Sustentabilidade Organizacional: Inovação, aprendizagem e capital humano para a excelência”, foca questões relacionadas com o gerenciamento da inovação, da aprendizagem e do capital humano nas organizações.

A proposta desses dois volumes é registrar alguns dos vários temas que foram abordados nas palestras realizadas nos anos de 2010 e 2011, no âmbito de um dos projetos do GAIA mais conhecidos para difusão de conhecimento, denominado “Manhãs da Inovação”.

As “Manhãs da Inovação” são palestras abertas ao grande público, que vêm sendo realizadas mensalmente no auditório do CTI desde 2004. Durante 2010 e 2011 o projeto recebeu aporte de recursos do CNPq, o que permitiu também a filmagem e a disponibilização desses conteúdos no website do GAIA.

A atuação do GAIA é focada em pesquisas aplicadas, e visa fomentar o desenvolvimento sustentável de empresas brasileiras, orientando-as para o uso do capital intelectual disponível e para o crescimento profissional e pessoal de seus colaboradores. Acredita-se que, dessa maneira, seja possível sustentar inovações organizacionais e tecnológicas que incrementem a competitividade dessas empresas. Para isso, a aplicação de metodologias de gestão da inovação e para aprendizagem organizacional é um fator crucial, especialmente em empresas atuantes em setores de alto dinamismo tecnológico.

Na visão dos integrantes do GAIA, a competitividade e a capacidade de inovar de uma organização dependem de variáveis econômicas, organizacionais, tecnológicas e humanas, tanto internas como presentes no ambiente onde a organização está inserida. Os níveis mais agregados que influenciam os processos de inovação (ecossistemas) são complementares e interdependentes dos níveis mais desagregados (grupos e instituições), também essenciais para o processo inovativo, que garantem vantagens competitivas sustentáveis, diferenciando as empresas de seus concorrentes.

Entendem-se aqui como vantagens sustentáveis aquelas que garantem a manutenção da sustentabilidade organizacional em suas três dimensões, a saber: dimensões ambiental, econômica e social (enfoque *triple bottom line*). Na concepção do GAIA, a harmonia entre essas três dimensões é a chave para o desenvolvimento sustentável das organizações no longo prazo.

O presente livro busca apresentar alguns dos fundamentos teóricos que embasam a concepção do GAIA sobre sustentabilidade organizacional, bem como os problemas específicos vividos pela indústria eletrônica. Para isso, divide-se em três seções:

Seção 1:

Gestão de ecossistemas organizacionais para o desenvolvimento socioeconômico;

Seção 2:

Geração e transferência de tecnologia em ecossistemas organizacionais;

Seção 3:

Sustentabilidade na indústria eletrônica: legislação, desafios e oportunidades.

A **Seção 1: Gestão de ecossistemas organizacionais para o desenvolvimento socioeconômico** foca as interações entre os diversos agentes que atuam em uma determinada indústria ou região, envolvendo, de maneira geral, instituições do setor produtivo, da academia e do governo. Considera-se que a gestão das interações em sistemas cooperativos é um fator chave para promover a competitividade de uma indústria,

garantindo que os atores estejam alinhados a objetivos comuns que criem sinergias, potencializando os resultados positivos das ações dos diversos membros desses ecossistemas, em função dos objetivos e motivadores dessas ações. A Seção 1 é composta de 2 capítulos, cujo objetivo principal é apresentar os fundamentos conceituais que norteiam os demais capítulos do livro, tratando, portanto, das “ideias fundadoras” que orientam o livro como um todo. No Capítulo 1, *Introdução à sustentabilidade organizacional: integrando o capital humano aos ecossistemas organizacionais*, Marco Antonio Silveira define e discute o conceito de sustentabilidade organizacional utilizando o enfoque *triple bottom line*, que concebe a sustentabilidade como um estado de equilíbrio entre as dimensões ambiental, econômica e social. O autor argumenta que o uso do capital intelectual presente nas organizações é um meio efetivo para o desenvolvimento equilibrado dessas três dimensões. Não por acaso, este é o capítulo que abre o livro: o conceito de sustentabilidade apresentado norteia os capítulos seguintes que, através de diferentes enfoques, buscam responder a uma pergunta comum: como promover a sustentabilidade de arranjos colaborativos e organizações individuais, fomentando processos de inovação tecnológica, coletivamente construídos e baseados no uso do capital intelectual disponível? Os arranjos colaborativos multiorganizacionais para a inovação são discutidos no Capítulo 2: *Gestão de arranjos multiorganizacionais para a inovação: a contribuição do conceito de ecossistemas organizacionais*, de Adalberto Mantovani Martiniano de Azevedo. No capítulo são revisados os diversos conceitos relacionados a esses arranjos e é apresentando o conceito de ecossistema organizacional, destacando sua funcionalidade prática no apoio à gestão de sistemas complexos, tais como redes técnico-científicas e sistemas de inovação.

A Seção 2: **Geração e transferência de tecnologia em ecossistemas organizacionais** foca a gestão de sistemas cooperativos para a criação e difusão de novas tecnologias. Desta maneira, é uma seção voltada à apresentação de ferramentas de gestão da geração e da circulação de conhecimentos e recursos entre as diversas instituições presentes nos ecossistemas organizacionais, visando à sustentabilidade das organizações desses ecossistemas, especialmente as empresas privadas. A Seção 2 é composta de três capítulos. Nanci Gardim, Daniela Maria Cartoni e Sérgio de Oliveira Caballero são os autores do Capítulo 3: *A disseminação do conhecimento no apoio à inovação e sustentabilidade organizacional: a importância dos portais corporativos*, em que se investiga a efetividade dos repositórios de informação corporativa na internet como ferramenta de disseminação do capital intelectual das organizações entre seus colaboradores internos e externos, e suas possibilidades para a explicitação e disseminação do conhecimento tácito detido pelos colaboradores da organização. No Capítulo 4: *Transferência de tecnologia, inovação tecnológica e desenvolvimento*, Ana Lúcia Vitale Torkomian discute os problemas da cooperação universidade-empresa no Brasil, destacando a importância dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) para a transferência de tecnologia de ICTs (Instituições de Ciência e Tecnologia) para o setor produtivo.

A Seção 2 do livro encerra-se com o Capítulo 5: *Parque Científico da Unicamp: papel estratégico no desenvolvimento do sistema local de inovação de Campinas*, de Josiane Falvo e Iara Regina da Silva Ferreira. Ilustrado por uma descrição dos parques tecnológicos da região de Campinas, o capítulo mostra como a constituição de parques tecnológicos pode incrementar a sustentabilidade das organizações de uma região, gerando e transferindo tecnologias e aproximando atores importantes dos ecossistemas organizacionais constituídos em volta de indústrias de alto conteúdo tecnológico.

A **Seção 3: Sustentabilidade na Indústria Eletrônica: Legislação, Desafios e Oportunidades** é produto dos trabalhos de pesquisa aplicada do GAIA junto a diversos atores pertencentes ao ecossistema organizacional da indústria eletrônica brasileira. Nessa seção são apresentados resultados de estudos e de ações de intervenção do GAIA e de seus colaboradores mais próximos. A Seção 3 é composta de quatro capítulos. No Capítulo 6: *Políticas setoriais de fomento à indústria microeletrônica no Brasil: descrição e resultados* Ana Karina da Silva Bueno descreve as principais políticas desenvolvidas para fomentar a indústria eletrônica brasileira, apresentando alguns de seus resultados e deficiências, determinantes do desempenho desse setor tão importante para diversos setores de atividade empresarial. O Capítulo 7: *Avaliação do Ciclo de Vida como ferramenta para sustentabilidade do setor eletroeletrônico*, de José Rocha Andrade da Silva e Tiago Barreto Rocha, descreve as atividades envolvidas na Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) de produtos, destacando a importância desse tipo de avaliação como balizador da busca da sustentabilidade ambiental, econômica e social na produção de eletroeletrônicos. A incorporação da problemática ambiental no setor de eletrônicos é discutida com base em um estudo do setor brasileiro de equipamentos eletromédicos¹ no Capítulo 8: *Gestão da cadeia produtiva de ciclo fechado em empresas do setor eletroeletrônico para adequação a requisitos ambientais*. Neste capítulo, Marília Tunes Mazon e Daniela da G. e S. V. M. de Moraes investigam as mudanças introduzidas nessa indústria pela legislação ambiental incidente sobre as cadeias produtivas de equipamentos eletrônicos, focando as novas oportunidades de negócios trazidas pela legislação, especialmente em relação ao gerenciamento dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEs). Por fim, o Capítulo 9: *Gestão da sustentabilidade em ecossistema organizacional: caso ilustrativo na indústria eletrônica*, de autoria de Marco Antonio Silveira, descreve o trabalho que o GAIA e seus parceiros vêm desenvolvendo para incrementar a sustentabilidade da indústria eletrônica, iniciado com um projeto piloto desenvolvido em nove empresas brasileiras produtoras de equipamentos eletromédicos,

1 A indústria de eletromédicos é tema de diversos capítulos deste livro, pois o GAIA desenvolve atualmente um projeto-piloto em parceria com a Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos, Odontológicos, Hospitalares e de Laboratórios (ABIMO) que visa capacitar nove empresas desse setor. O projeto está detalhado no Capítulo 9: *Caso Ilustrativo de Gestão em Ecossistemas: Projeto Piloto para Sustentabilidade da Indústria Eletrônica*.

com o objetivo de aprimorar os processos de gestão dessas empresas de modo a viabilizar a introdução de tecnologias sustentáveis.

Os organizadores do presente livro esperam que o conjunto da obra auxilie a discussão sobre ferramentas organizacionais e tecnológicas que possam contribuir para o desenvolvimento sustentável, em termos ambientais, econômicos e sociais, da indústria eletrônica brasileira. Também se espera que o livro aprimore o conhecimento sobre referenciais teóricos e metodológicos que possam orientar ações em outras indústrias, destacando-se o conceito de ecossistemas organizacionais colaborativos e sua gestão. Para finalizar essa apresentação, é oportuno frisar que o livro não teria sido elaborado sem a frutífera colaboração e intercâmbio de ideias entre os autores dos diversos capítulos, pertencentes a diversas instituições, mas que compartilham um sentimento comum: é a colaboração que torna o todo maior que a soma das partes individuais, e é com esse sentimento colaborativo que deve ser gerido qualquer ecossistema organizacional. Sem esse sentimento, esse livro certamente não teria se materializado.

Obrigado pela escolha de nosso livro e boa leitura!

Adalberto Mantovani Martiniano de Azevedo
Marco Antonio Silveira
(organizadores)



SEÇÃO I

GESTÃO DE ECOSISTEMAS ORGANIZACIONAIS
PARA O DESENVOLVIMENTO SÓCIOECONÔMICO



CAPÍTULO 1

Introdução à sustentabilidade organizacional: integrando o capital humano aos ecossistemas organizacionais

Marco Antonio Silveira

› Introdução

O TERMO “SUSTENTABILIDADE” comporta várias interpretações e abordagens. Muito embora sua origem remonte aos anos 80, trata-se do conceito emergente mais importante do século XXI, tema de discussões em fóruns internacionais e item sempre presente nas agendas de instituições públicas e privadas:

Um dos resultados mais perceptíveis das conferências internacionais na última década foi a incorporação da sustentabilidade nos debates sobre desenvolvimento. Governos, universidades, agências multilaterais e empresas de consultoria técnica introduziram, em escala e extensão crescentes, considerações e propostas que refletem a preocupação com o “esverdeamento” de projetos de desenvolvimento e a “democratização” dos processos de tomada de decisão. Muitas ONGs, adotando um posicionamento crítico em relação à definição oficial de desenvolvimento dos governos e agências internacionais, entendem sustentabilidade como o princípio estruturador de um processo de desenvolvimento centrado nas pessoas e que poderia se tornar o fator mobilizador e motivador nos esforços da sociedade para transformar as instituições sociais, os padrões de comportamento e os valores dominantes (Rattner, 1999: 233).

Qual é a razão de tal importância? Por que surge agora com tanta força nas agendas políticas e empresariais? E, o que significa, afinal, sustentabilidade?

Todas essas questões vêm sendo respondidas por diversos autores, alguns com muita propriedade. O que queremos destacar neste texto é nossa visão pessoal sobre o tema, em alguns momentos de forma até um pouco prosaica ou passional, começando por afirmar que sustentabilidade, não importa em qual acepção for tomada, traz em si a ideia de sobrevivência ao longo do tempo. Sobrevivência de uma empresa, de um nicho ecológico, de um país e da sociedade humana tal como a concebemos.

Esse tema surge com intensidade crescente nos últimos trinta anos em virtude dos múltiplos problemas ambientais e sociais decorrentes de muitas ações inadequadas cometidas de forma sucessiva e ininterrupta, principalmente a partir do início da Revolução Industrial no século XVIII.

A “pegada” humana no planeta tem se mostrado de tal forma perniciosa à vida em suas várias manifestações, incluindo à própria vida dentro de nossa sociedade, que não é mais possível manter os paradigmas subjacentes a esses modelos que, visivelmente, trazem o risco de afetar a nossa própria sobrevivência em condições minimamente adequadas.

► 1. Sustentabilidade e a necessidade de um novo modelo de sociedade

... e o que neste momento se revelará aos povos, surpreenderá a todos não por ser exótico, mas por ter permanecido oculto quando terá sido o óbvio!

CAETANO VELOSO (na música *Um Índio*)

As perturbações no meio ambiente físico e a deterioração dos recursos naturais são as consequências mais visíveis e contundentes de modelos industriais, econômicos e políticos contrários ao bem comum que vêm sendo adotados em larga escala há séculos. Porém, apesar de muito sérias, essas não são as únicas consequências negativas de tais modelos. A má distribuição de renda existente entre diferentes estratos sociais e nações é outra de suas faces perversas, com consequências sérias para uma parcela significativa da população mundial que vive numa situação de pobreza extrema.

Existem ainda diversos outros sintomas desses mesmos modelos como sistemas políticos dissociados das reais necessidades da sociedade, sistemas financeiros assemelhados a cassinos globalizados (quando deveriam promover a geração de riquezas reais), disseminação de valores contrários ao bem comum e à valorização do ser humano (como consumismo, hedonismo e imediatismo), também são aspectos diretamente ligados aos tais modelos que precisam ser revisados com a profundidade e a urgência necessárias.

1.1. *Desafios centrais para a sociedade no século XXI*

Como consequência deste estado pernicioso à vida e à dignidade humana, a sociedade atual se depara com alguns desafios de grande envergadura, os quais podem ser sintetizados em duas questões centrais:

- Como e quando será substituído o modelo econômico vigente do lucro sem responsabilidade, que leva à acumulação de riquezas numa ponta, e ao desemprego e miséria em outra?
- Como e quando seremos capazes de substituir o paradigma dominante no universo empresarial de crescimento ilimitado, que tem causado tantos impactos desastrosos ao meio ambiente?

Os fundamentos do crescimento ilimitado estão diretamente vinculados à busca do máximo lucro, sendo que esse comportamento dos agentes econômicos entra radicalmente em contradição com os princípios que governam a natureza e a vida. O modelo ainda vigente de crescimento ilimitado, em razão das limitações dos recursos naturais e dos ecossistemas, bem como da interdependência dos componentes do sistema global, leva ao comprometimento do sistema como um todo: “o enriquecimento-crescimento em uma parte leva ao empobrecimento-deterioração em outra”.

Mantemos ainda hoje modelos e princípios que vigoram há séculos, remontando a épocas em que a população humana era algumas ordens de grandeza menor: cem anos atrás, por exemplo, a população mundial era cerca de cinco vezes menor que os atuais 7 bilhões de seres humanos, sendo que, individualmente, consumimos muito mais energia e recursos naturais. Ou seja, crescemos não só em quantidade, mas em voracidade de consumo. A demanda por recursos naturais nesse modelo de desenvolvimento, portanto, cresce exponencialmente.

Alguns autores, como Alexandre King, comparam este “crescimento exponencial indiferenciado de produção e consumo” ao único fenômeno equivalente na natureza: o câncer, que é uma proliferação desordenada, descontrolada e desenfreada, que só tem a finalidade de se reproduzir indefinidamente até levar à morte o próprio sistema que a abriga!

No Clube de Roma nos anos de 1970, mostrava-se que, se continuássemos crescendo exponencialmente, os bens econômicos deveriam se multiplicar por 500 até 2.100. Por esse motivo, as discussões do Clube de Roma foram no sentido de propor não a estagnação ou “crescimento zero”, mas sim a noção de crescimento diferenciado e qualitativo: um reajustamento do crescimento em escala mundial em busca do equilíbrio e da recuperação progressiva dos mais necessitados.

Neste novo momento, há de ser repensado o princípio ainda dominante em países, comunidades e organizações: o interesse dos poucos pertencentes às “classes domi-

nantes” se sobrepondo ao interesse comum. A busca do “bem comum” – entendido como um estado em que os interesses coletivos são priorizados em relação aos individuais, sem deixar de contemplar as reais necessidades de todos os envolvidos – está implícita na noção de sustentabilidade. Assim, o que sempre foi “apenas” um ideal utópico de pensadores, religiosos e humanistas, hoje deve ser tema central na agenda de todo líder consciente: a busca do bem comum como caminho para um mundo economicamente viável, ambientalmente equilibrado e socialmente justo (esse tema será retomado na sétima seção deste capítulo).

Isso pode soar num primeiro momento como uma visão romântica da realidade, uma utopia inalcançável. Porém, se considerarmos o esgotamento dos recursos naturais, a deterioração de muitos ecossistemas, o nível de miséria em várias regiões do planeta, a falência do sistema financeiro internacional (evidenciada por crises sucessivas e insolúveis), as crises dos sistemas políticos, entre outras mazelas características do nosso século, concluímos que tais problemas não comportam mais tergiversações ou procrastinações. Várias fronteiras seguras já foram ultrapassadas e, nesses casos, só resta minimizar as sequelas de nossas transgressões, como, por exemplo, nos processos de aquecimento global da perda da biodiversidade, entre outros exemplos que podem ser citados. Temos a responsabilidade de evitar que outros limites seguros sejam ultrapassados.

1.2. Buscando os novos modelos sustentáveis

Este texto não tem a pretensão de originalidade, mas tão somente a de se somar a outras obras, como o livro “A revolução decisiva” de Senge et al (2009), de onde foram extraídas as seguintes citações, as quais estão ilustradas na Figura 1:

Como diz o provérbio, ‘a gravidade não é apenas uma boa ideia; é a lei’. A Bolha da Era Industrial transgride vários aspectos da ‘gravidade’ mais ampla do mundo natural. Nós, que vivemos dentro desta bolha, agora devemos reconhecer este fato para vislumbrar o caminho adiante. Veja, por exemplo, a maneira como, dentro da Bolha da Era Industrial, realizamos a tarefa de atender às necessidades fundamentais dos seres humanos por energia, alimentos e água, além de por produtos e serviços...

Durante uns dois bilhões de anos a vida floresceu na Terra com base numa fonte de energia: a radiação solar. Em contraste, 90% ou mais de nossa energia é hoje produzida pela queima de combustíveis fósseis.

Do mesmo modo, na natureza, quase toda a comida é local... Ao contrário, nossos alimentos raramente são locais, percorrendo milhares de quilômetros entre o produtor e o consumidor...

Na natureza não há desperdícios: todos os subprodutos de um sistema natural são nutrientes para outros sistemas naturais... a nossa sociedade gera enormes quantidades de resíduos.

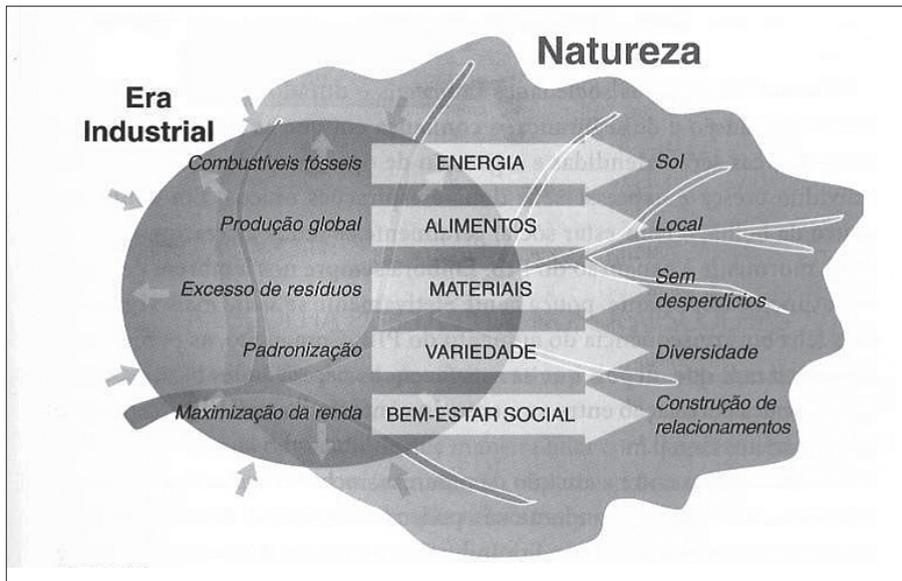


Figura 1: Contradições dos modelos adotados pela sociedade moderna em relação à natureza (Fonte: Senge et al., 2009: 36)

Essas contradições se estendem à maneira como a sociedade se organiza e define suas prioridades... a busca por eficiência e por padronização aos poucos desencadeou forças implacáveis que promovem a homogeneização, da mesma maneira como vem devastando a diversidade biológica... Em forte contraste com esse impulso pela homogeneização, vemos em todos os lugares o amor da natureza pela diversidade e pela singularidade... Durante milênios, as sociedades saudáveis e duradouras fomentaram o senso de inclusão e de segurança... para que cada indivíduo cresça e expresse seus dons e aspirações únicos. Em contraste, dentro da bolha, o bem estar social geralmente se reduz a crescimento material, mormente à expansão do PIB... (Senge et al., 2009: 36)

Divulgar os problemas e as suas causas é importante para conscientização e mobilização, todavia, os textos aqui reunidos não se limitam a isso. Neles são buscados caminhos e apresentadas algumas propostas visando contribuir para o desenvolvimento de modelos industriais e organizacionais sustentáveis. Entre os caminhos aqui discutidos para a sustentabilidade se destacam os seguintes:

- Abordagem de cadeias produtivas de ciclo fechado, onde os fabricantes são responsáveis pelos seus produtos desde a sua origem (o “berço”) até o final da sua vida útil (o “túmulo”).

- Aprofundamento do princípio de “desmaterialização do produto”, onde as empresas buscam lucros mais na prestação de serviços do que na comercialização de bens físicos (em substituição ao insustentável princípio da obsolescência programada).
- Gestão do capital intelectual como ativo empresarial e econômico, uma vez que os processos a ele relacionados dependem fundamentalmente do fator humano, o que o torna um importante instrumento da sustentabilidade em suas dimensões ambiental, econômica e social.
- Ênfase em estratégias competitivas baseadas em diferenciação, que dependem mais do capital humano do que as estratégias baseadas em minimização de custos, que são subordinadas aos ganhos de escala, à exploração comercial dos elos mais fracos na cadeia produtiva e ao uso intensivo de meios de produção automatizados.
- Gestão de sistemas organizacionais com enfoque sistêmico, contribuindo para a humanização de empresas mantendo a sua competitividade.
- Gestão integrada do composto de marketing para explorar nichos de mercado que valorizam produtos e processos “verdes”, inclusive através da utilização de redes sociais e de outros mecanismos de interação, como no fenômeno social denominado de *groundswell* por Li e Bernoff (2008).
- Coordenação de ecossistemas organizacionais para geração e transferência de tecnologias de interesse através do princípio das hélices triplas (integração academia-empresas-governo).
- Adoção das várias formas de arranjos colaborativos que exploram as sinergias potenciais entre organizações, tais como arranjos produtivos locais, gestão integrada de cadeia de suprimentos, redes organizacionais (como os recém criados no Brasil “INCT’s”), integração universidade-empresa e parques tecnológicos.

Esses temas estão presentes nos vários capítulos que se seguem no presente livro, sendo que no último é apresentado um caso prático ilustrativo da aplicação de vários princípios e enfoques, em um projeto que visa apoiar a sustentabilidade de empresas brasileiras fabricantes de equipamentos eletromédicos.

► 2. Origem da necessidade de novos modelos: o imperativo ambiental

As duas ocorrências abaixo são ilustrativas de procedimentos vigentes em nossa sociedade.

- i. Com a alegação de que não existiam evidências científicas suficientes a respeito dos malefícios do tabagismo, a indústria do cigarro prosperou durante anos como um setor econômico forte e pujante, “geradora de empregos, impostos e divisas”. Ainda hoje esta indústria é tolerada, muito embora o tabagismo seja cada vez mais combatido, uma vez que são muito evidentes os problemas pro-

- vocados pelo vício do cigarro, implicando em mortes e importantes perdas de qualidade de vida, impondo à sociedade custos financeiros imensos na área de saúde, além dos problemas diretos causados para o fumante e a sua família (fumantes passivos).
- ii. Apesar dos esforços de vários países durante anos em torno do denominado “Protocolo de Quioto”,¹ somente em 2009, após o fim do governo Bush, várias substâncias, como o CO₂ e o CH₄, foram oficialmente reconhecidas nos EUA como responsáveis pelo efeito estufa. Até então, de acordo com o governo americano, não haviam “evidências científicas suficientes” sobre a relação de causalidade entre a emissão desses gases e o aquecimento global provocado pelo efeito estufa.

Ficam evidentes as semelhanças nesses dois eventos: como destacado na seção anterior, as decisões são tomadas quase sempre para atender aos interesses de poucos grupos econômicos poderosos, em detrimento de toda a sociedade, muitas vezes de maneira cínica e agressiva ao bom senso, como nesses dois casos e em vários outros que assistimos diariamente no Brasil e no mundo.

Os recursos naturais e os ecossistemas, que se constituem em um bem de toda a humanidade, vêm sendo agredidos e dilapidados há décadas com a conivência dos governantes, em favor dos lucros econômicos de alguns poucos. É uma situação muito semelhante ao mau uso que se faria se, perdidos em uma embarcação em alto mar, alguns poucos utilizassem de forma indiscriminada a provisão da água e de alimentos necessária para a sobrevivência de todos.

Os grupos e as pessoas que denunciam esta situação há décadas, como o Greenpeace, por exemplo, são desqualificados e considerados como românticos e excêntricos. Mas, felizmente, hoje já existe um grande número de movimentos e obras – vídeos, filmes, livros, estudos e palestras – mostrando os equívocos, premeditados ou não, dos modelos atuais e propondo alternativas viáveis.

A seguir, iremos destacar alguns aspectos que nos parecem mais importantes no contexto dos dois volumes deste trabalho, cuja ênfase é a gestão da sustentabilidade em sistemas organizacionais.²

1 O “Protocolo de Quioto” é um acordo internacional voltado para a redução das emissões de gases de efeito estufa, visando prevenir uma interferência humana perigosa para o clima de nosso planeta e que reconhece as mudanças climáticas globais como uma questão que requer o esforço de todos os países. Foi elaborado com o objetivo de regulamentar a Convenção Climática e, assim, determinar metas específicas de redução de emissões de seis dos principais gases causadores do efeito estufa: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoreto de enxofre (SF₆), hidrofluorcarbonos (HFCs) e perfluorcarbonos (PFCs), a serem alcançadas pelos países desenvolvidos. Só entrou em vigor em fevereiro/2005, depois da sofrida espera de muitos anos pela adesão de um número significativo de países.

2 O presente livro é o primeiro volume de dois trabalhos relacionados a esse tema. O segundo volume trata da relação entre sustentabilidade, gestão do capital humano e excelência na gestão.

2.1. Responsabilidade das organizações e a questão ambiental

Até bem pouco tempo, as empresas eram livres para atuar sem se preocupar com os impactos ao meio ambiente, visando unicamente o seu lucro e crescimento. Mas, o nível de degradação dos nossos ecossistemas chegou a situações tão alarmantes que a sociedade e seus governantes viram-se obrigados a reconhecer que a questão ambiental não é simplesmente uma questão de caráter ideológico: trata-se de limites físicos, cujas transgressões resultam em consequências danosas para todos.

Assim, começaram a surgir mecanismos efetivos de pressão, como requisitos legais, que induzem as empresas a reformularem seus conceitos de negócios. Foi neste novo contexto que, visando refrear o apetite devastador das empresas, o desenvolvimento sustentável foi definido em 1987, no documento denominado Relatório Brundtland,³ como sendo:

desenvolvimento que atende às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade de gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades.

Se a nossa sociedade fosse assentada em valores mais saudáveis, esse modo equilibrado e responsável de conduzir o nosso desenvolvimento nem precisaria ser reafirmado: homens e mulheres responsáveis sabem que é fundamental pensar no futuro de suas crianças, da sua comunidade, do seu País e da sua espécie. A necessidade de se alertar para a sobrevivência das próximas gerações é, em si mesma, reveladora de que há algo bastante errado nos modelos que estamos adotando. Assim, o alerta contido no Relatório Brundtland pode ser reescrito de um modo mais explícito e contundente para:

a nossa visão de curto prazo irá acarretar a destruição no longo prazo.

2.2. Desenvolvendo novos padrões mentais: do maniqueísmo imediatista a uma atitude integradora

Churchman, em seu livro sobre teoria de sistemas aplicada à solução dos problemas socioeconômicos, afirma que:

3 O Relatório Brundtland, como ficou conhecido o relatório “Nosso Futuro Comum”, em referência à ex-primeira ministra norueguesa Gro Harlem Brundtland, foi elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e faz parte de uma série de iniciativas, anteriores à Agenda 21, que reafirmam uma visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados e reproduzido pelas nações em desenvolvimento, ressaltando os riscos do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas. O relatório aponta para a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes.

[...] os lógicos dizem-nos que quando desejamos resolver problemas deveríamos começar pelo processo de pensamento. A não ser assim pode acontecer-nos de enveredar por um caminho completamente errado em nossa exploração... É como se um homem que se achasse perdido embarafustasse pelo primeiro caminho que visse... antes de começar a pensar em algum modo lógico de sair da dificuldade; mas, então, já poderá ser tarde demais (Churchman, 1972: 20).

Nesta mesma linha, Capra, no prefácio do seu famoso livro “Ponto de Mutação”,⁴ destaca os sinais mais visíveis da crise do modelo de desenvolvimento atual:

Estou convicto de que hoje nossa sociedade, como um todo, encontra-se numa crise... Podemos ler acerca de suas numerosas manifestações todos os dias nos jornais. Temos taxas elevadas de inflação e desemprego, crise energética, crise na assistência à saúde, poluição e outros desastres ambientais, uma onda crescente de violência e crimes e, assim por diante. A tese básica do presente livro é de que tudo isso são facetas diferentes de uma só crise, que é, essencialmente, uma crise de percepção (Capra, 1982: 13).

A nossa experiência profissional tem nos mostrado a verdade contida nas afirmações de Churchmann e Capra. Percebemos que, para conduzir mudanças profundas em qualquer sistema, é necessário avaliar a própria maneira de pensar o sistema, sob pena de comprometer a implantação das transformações necessárias.

A sustentabilidade é o estado natural de equilíbrio dos ecossistemas: é o ser humano que, com seus equivocados padrões mentais e comportamentos nocivos, transgri-de esse equilíbrio. Portanto, é importante identificar tais padrões mentais subjacentes às nossas ações, entre os quais destacamos os dois seguintes:

- Visão tendenciosa e fragmentada da realidade em suas várias manifestações e denominações, tais como, visão mecanicista, cartesiana, atomística, não-sistêmica, entre outras;
- Comportamento imediatista, que nos leva a supervalorizar as consequências mais próximas em termos de tempo-espaço, em detrimento da percepção dos enlaces existentes ao longo do tempo e do espaço físico.

Nossos modelos mentais são excludentes, parciais e muito limitados. Temos a ten-

4 O livro *O Ponto de Mutação* do físico e pensador humanista Fritjof Capra é uma obra pioneira ao esclarecer para o grande público a necessidade de se pensar os problemas de forma holística (ou sistêmica). O autor consegue mostrar com didatismo e competência as razões, as limitações e os impactos produzidos pelos nossos atuais paradigmas nas ciências (física e biologia, principalmente), na medicina, na psicologia, na economia e em outras áreas do conhecimento humano.

dência a uma visão maniqueísta e desagregadora, onde impera o paradigma do “ou isso, ou aquilo”, como por exemplo, “lucro ou humanização”, “desenvolvimento econômico ou preservação ambiental” e outros similares.⁵ Uma experiência pessoal vivida em 2003 é ilustrativa disso.

Naquele ano, promovemos um evento reunindo pessoas da academia, de empresas e de governo sobre “inovação para sustentabilidade”, no qual foram debatidos temas como a necessidade de desenvolvimento econômico com equilíbrio ambiental, meios para implantar o princípio dos 3R’s (reduzir-reutilizar-reciclar) e problemas ambientais como a contaminação por agrotóxicos do Aquífero Guarani, uma das maiores reservas de água doce do mundo. Ao final do evento, fui interpelado pelo Secretário de Desenvolvimento de um dos municípios da região dizendo que “tudo isso era muito interessante e bonito, mas que a prioridade deve ser gerar empregos”.

Aquele comentário vindo na contramão de tudo o que estávamos procurando transmitir foi um “choque de realidade” que causou no primeiro momento uma reação indignada: aquela autoridade deveria ter entendido a mensagem básica de buscar o desenvolvimento econômico com equilíbrio ambiental! Mas aquele comentário desagradável foi útil pelo seu aspecto revelador do mencionado modo de pensar mecanicista e desintegrado.

O outro padrão a destacar é o nosso comportamento imediatista, direcionado pelas nossas necessidades individuais prementes, em detrimento do nosso próprio futuro e da coletividade.⁶ O modelo de hierarquia das necessidades humanas proposto por Maslow (1954) no âmbito das teorias motivacionais é bastante esclarecedor a este respeito.

Segundo essa teoria, existe uma hierarquia interna inerente às pessoas que se inicia pela busca de atender prioritariamente as necessidades fisiológicas, seguida, sucessivamente, pela busca de segurança, de reconhecimento social, de estima e de autorrealização. Trata-se de um poderoso processo subjetivo que modula nossos comportamentos e as nossas reais hierarquias de valores. Assim, as necessidades fisiológicas, como saciar a fome e a sede, se sobrepõem às necessidades de segurança, como garantir que teremos o almoço de amanhã. Essas, por sua vez, se sobrepõem à de reconhecimento social e assim por diante.

Por este modelo, a tendência do ser humano é permanecer “preso” na busca por

5 A esse respeito, Edward de Bono, médico e psicólogo maltense, publicou em 1990 pela Penguin Books um livro com o sugestivo e instigante título *I am right – You are wrong. From this to the New Renaissance: from Rock Logic to Water Logic*.

6 Esse padrão de comportamento imediatista está relatado de maneira simbólica em uma das obras mais antigas da humanidade, através da história de Esaú e Jacó contida no *Genesis*, o primeiro livro do *Antigo Testamento*. Nessa história, que conta a origem do povo hebreu, Esaú abre mão dos direitos de sua primogenitura em favor de Jacó, seu irmão mais novo, em troca de uma sopa de lentilhas que irá saciar a fome que o acomete naquele momento. Só depois da fome saciada é que Esaú se dá conta do terrível engano que cometeu, quando já era tarde demais.

atender suas necessidades em um determinado nível, até que ele sinta que conseguiu satisfazê-las. Isso talvez explique, em parte, a razão pela qual muitas pessoas buscam consumir e acumular riquezas numa quantidade muita acima das suas reais necessidades, demonstrando ser incapazes de superar os níveis de “segurança” e de “reconhecimento social”, em direção aos níveis de necessidades mais altas, nos quais são buscados relacionamentos humanos verdadeiros e profundos, e a realização de ideais e de aspirações nobres da vida humana.

Essa incapacidade de superar os próprios limites pessoais acarreta prejuízos tanto para o próprio indivíduo – que terá uma vida limitada pela falta de crescimento pessoal e de relacionamentos emocionalmente enriquecedores – como para toda a sociedade, uma vez que o consumismo desenfreado e a busca por acumulação excessiva de riquezas estão na raiz da maioria dos nossos problemas.

Queremos com isso enfatizar que soluções efetivas para a sustentabilidade devem considerar as características e as tendências dominantes no ser humano. Um caso ilustrativo é o Projeto TAMAR, considerado uma ação ambiental bem sucedida na proteção de tartarugas marinhas, espécie importante no ecossistema dos oceanos por ser um dos raros vetores de integração entre as suas praias e suas profundezas.

Uma das principais ameaças para as tartarugas marinhas no Brasil eram os *tartarugueiros*, moradores das praias que tinham na comercialização dos ovos de tartaruga uma das suas únicas fontes de renda. Uma decisão importante para o sucesso do empreendimento foi, após um trabalho de educação e conscientização, contratar esses homens como agentes do próprio Projeto TAMAR, fazendo da preservação dos ovos a sua nova fonte de renda.

Essa ação “integradora” do Projeto TAMAR que, ao invés de negar ou repudiar a realidade da vida daquelas famílias que dependiam dos ovos para a sua subsistência, trouxe-os para dentro do novo sistema, é um princípio importante para se alcançar a verdadeira sustentabilidade.

2.3. Urgência e irreversibilidade

É grande a probabilidade de ocorrer frustração se houver a expectativa de que as pessoas tenham espontaneamente comportamentos sustentáveis. Não se trata de se acomodar diante de comportamentos perniciosos, mas, de reconhecer as suas origens mais profundas e trabalhar com inteligência, competência e perseverança para transformar a realidade, o que inclui (mas não se limita a) ações para conscientização, sensibilização e educação.

Para ter soluções sustentáveis efetivas é preciso conseguir mobilizar as pessoas envolvidas, que é a melhor opção ou, então, haver respaldos legais eficazes, pois, infelizmente nem sempre é possível adotar uma solução como a do projeto TAMAR, que integre de modo tão harmônico todos os agentes envolvidos com a velocidade e a

abrangência necessárias. Muitos dos problemas planetários exigem ações rápidas e contundentes, as quais só podem se viabilizar através da força da lei.

Tomemos como referência da necessidade de soluções rápidas e profundas, o trabalho desenvolvido em 2009, por uma equipe de 29 pesquisadores internacionais liderada pelo cientista sueco Johan Rockström, que estudou os limites para nove processos sistêmicos essenciais do sistema terrestre, a saber: 1. acidificação dos oceanos; 2. alterações no uso do solo; 3. carga de aerossóis atmosféricos; 4. interferência nos ciclos globais de nitrogênio; 5. interferência nos ciclos globais de fósforo; 6. poluição química; 7. taxa de perda da biodiversidade, tanto terrestre como marinha. 8. uso de água potável; 9. mudanças climáticas.

A equipe de Rockström publicou em 2009 um estudo que dá números para esses limites (Rockström et al., 2009). Para o ciclo do nitrogênio, por exemplo, o limite seguro para retirada desse gás da atmosfera é de 35 milhões toneladas/ano, sendo os valores atuais o triplo deste limite aceitável (antes da Revolução Industrial a quantidade de nitrogênio removido da atmosfera para uso humano era zero). A taxa de perda de biodiversidade, calculada em número de espécies extintas por milhão de espécies por ano tem como valor limite 35 espécies extintas/milhão.ano; o valor atual passou de 100. O terceiro processo sistêmico cujo limite aceitável já foi ultrapassado é o referente às mudanças climáticas.

O estudo afirma também que a humanidade está rapidamente se aproximando dos limites no uso de água, na conversão de florestas e de outros ecossistemas naturais (para uso agropecuário), na acidificação oceânica e no ciclo de fósforo. O consumo de água potável por humanos chegou a 2.600 km³/ano, perigosamente próximo ao limite sugerido de 4.000 km³/ano.

Infelizmente, nos outros processos sistêmicos a situação não é muito animadora também, destacando-se os seguintes comentários:

[...] Embora a Terra tenha passado por muitos períodos de alterações ambientais importantes, o ambiente planetário tem se mantido estável pelos últimos 10 mil anos. Esse período de estabilidade – que os geólogos chamam de Holoceno – viu civilizações surgirem, se desenvolverem e florescerem. Mas tal estabilidade pode estar em risco [...] Desde a Revolução Industrial, um novo período surgiu, o Antropoceno, no qual as ações humanas se tornaram o principal condutor das mudanças ambientais globais (Rockström et al., 2009: 273).

Esses cientistas argumentam que transgredir uma única dessas fronteiras planetárias por um tempo demasiadamente longo é o suficiente para promover alterações ambientais “*abruptas e inaceitáveis que serão muito danosas ou até mesmo catastróficas à sociedade*”. Além disso, quando um limite é derrubado, os níveis de segurança dos outros processos acabam sendo seriamente afetados.

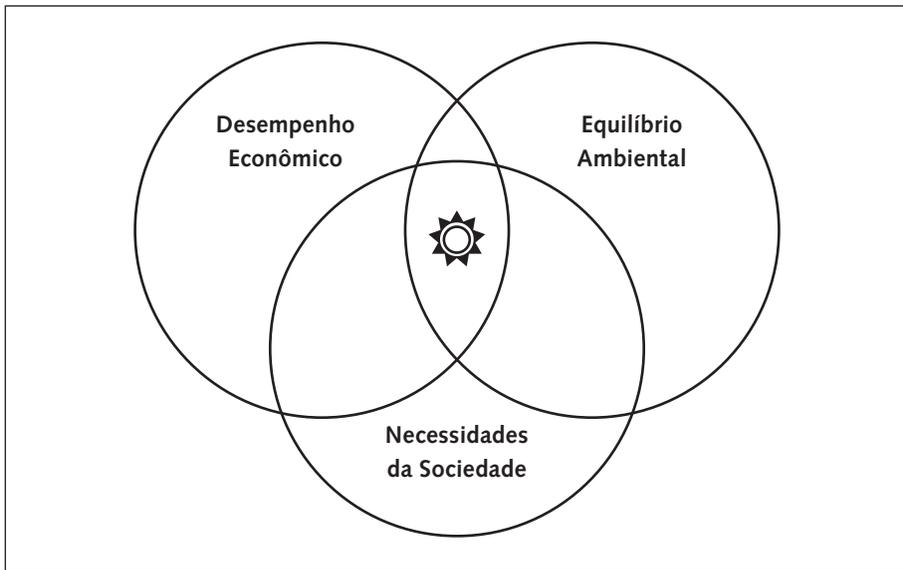


Figura 2: Integração das três dimensões no tripé da sustentabilidade (enfoque *triple bottom line*)

Portanto, é imperioso que os processos de inovação sejam conduzidos sob a ótica de princípios sustentáveis, o que inclui o uso de tecnologias verdes, logística reversa, consumo consciente entre outros.

► 3. Sociedade saudável, economia sustentável

O lançamento, em 1962, do livro “Primavera Silenciosa”, de Rachel Carson, é considerado por muitos um marco para o entendimento das inter-relações entre economia, meio ambiente e as questões sociais. Mas, foi em 1999, através do livro “Cannibals with forks”, de Elkington, que se consolidou a ideia de uma abrangência ainda maior para o conceito de sustentabilidade, integrando à dimensão ambiental as dimensões econômica e social, no que ficou conhecido como “tripé da sustentabilidade”, ou enfoque dos 3P’s (das palavras inglesas Profit-econômico, People-social e Planet-ambiental) ou, ainda, enfoque *triple bottom line*.

O equilíbrio dos aspectos ambiental, econômico e social, que está ilustrado na Figura 2, é, no nosso entender, o fundamento para que sejam efetivamente alcançados os necessários modelos de desenvolvimento sustentável. Isso porque a sustentabilidade com enfoque *triple bottom line* é, do ponto de vista socioeconômico, o estado que proporciona os melhores ganhos sistêmicos a médio e longo prazos, em função

das melhores condições para o uso racional dos recursos naturais, a minimização dos impactos ambientais e o desenvolvimento humano.

3.1. *Enfoque sistêmico e sustentabilidade*

Quer consigamos perceber ou não, os fenômenos ambientais, econômicos ou sociais são sistêmicos, isto é, existem interações dinâmicas entre vários eventos; isso vale para uma família, uma empresa, uma comunidade e o mundo como um todo. Portanto, o estado de sustentabilidade requer, necessariamente, uma abordagem sistêmica dos problemas, visando trabalhar nas causas-raiz e, assim, aumentar a probabilidade de se obter soluções efetivas. Para ilustrar, vamos analisar dois exemplos ilustrativos: a questão do trânsito caótico nas grandes cidades e a produção em massa de alimentos.

Um bom sistema de transporte coletivo e uma engenharia de tráfego competente podem minimizar os transtornos a quem precisa se locomover numa grande cidade. Porém, a causa primária dos congestionamentos é a grande densidade populacional que também pode provocar uma série de outros problemas graves como altas taxas de criminalidade, falta de moradia, desabastecimento de água, baixa qualidade do ar, poluição sonora, aquecimento excessivo e enchentes.

Uma solução mais “sustentável” – isto é, mais racional, inteligente, eficaz e eficiente – para os problemas apontados no parágrafo anterior seria pensar em como diminuir as altas concentrações urbanas que tornam a vida na sociedade tão problemática.

Mudando o eixo da abordagem do efeito (congestionamento, criminalidade, enchentes etc.) para a causa (alta concentração urbana) obtêm-se melhores condições de encontrar soluções que, em seu conjunto, são muito mais eficientes no retorno dos recursos alocados e mais eficazes no sentido de resolver os vários problemas, e não ser um simples paliativo temporário.

Um pequeno exercício de cálculo para ilustrar essa questão: se os 11 milhões de pessoas que moram no município de São Paulo, concentrados em uma área de 1.500 km² (densidade populacional de 7.300 habitantes/km²)⁷ morassem em várias outras cidades menores, com uma melhor distribuição geográfica, haveriam importantes ganhos qualitativos e quantitativos em termos de: a) tempo de deslocamento; b) consumo de combustível nesses deslocamentos; c) acidentes e mortes no trânsito (em 2010, na cidade de São Paulo, a cada dois dias morreram três pessoas por acidentes de moto, além de vários outros com sequelas graves); d) problemas respiratórios (devido à baixa qualidade do ar); e) vida social e familiar; f) criminalidade; g) saneamento público.

⁷ Se for considerada a região metropolitana de São Paulo, com os 38 municípios que circundam a capital, a população chega a aproximadamente, vinte milhões de habitantes que vivem numa área de quase 8.000 km², o que dá uma densidade populacional de 2.500 habitantes/km².

Mesmo sabendo que uma desconcentração urbana desse porte tem pouca viabilidade de ocorrer a curto e médio prazos, esses cálculos são ilustrativos da insustentabilidade econômica e social dos nossos modelos atuais. O que ocorre é que essas consequências negativas não são percebidas de forma clara pela maioria das pessoas, seja por incapacidade, acomodação ou conveniência.

Outro exemplo ilustrativo das consequências de uma abordagem parcial dos problemas são os sistemas que adotamos para a produção em massa de alimentos que, entre outros problemas, fazem uso intensivo de agrotóxicos, contaminando o solo, lençóis freáticos e trazendo problemas de saúde. Os procedimentos empregados nas cadeias produtivas de alimentos estão gerando problemas que se avolumam a cada dia, entre os quais:

- Uso de hormônios prejudiciais à saúde humana para aumentar a velocidade de crescimento de aves (como frangos, por exemplo) que nos servem de alimento;
- A escala de produção agrícola torna os preços dos alimentos mais baratos, porém o seu manejo exige altos volumes de agrotóxicos (uma vez que as monoculturas são bem mais suscetíveis às pragas e doenças), que contaminam os alimentos e o meio ambiente;
- A indústria pecuária é uma das principais responsáveis pela destruição de nossas florestas e pelo efeito estufa.

Um gestor competente sabe que “preço” é diferente de “custo”. Se analisarmos as externalidades geradas pelos processos acima, talvez cheguemos à conclusão de que o aparente “barato” está saindo muito mais caro do que supomos.

- Qual é o custo real desses alimentos contaminados por hormônios e agrotóxicos, se forem consideradas as externalidades dos processos associados, como os impactos na saúde pública e no meio ambiente?⁸
- Qual é o custo real da carne bovina, se forem considerados os seus impactos no meio ambiente?
- Que modelo é este que, para alimentar a população atual, “desalimenta” as gerações futuras?

8 No trabalho de Soares (2010) intitulado “Uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente: uma avaliação integrada entre a economia, a saúde pública, a ecologia e a agricultura” foi feita a valoração das externalidades negativas em saúde associadas ao uso dos agrotóxicos no estado do Paraná. Os resultados indicam que os custos com a intoxicação aguda podem representar cerca de 64% dos benefícios dos agrotóxicos e, na melhor das hipóteses, quando as características de risco dos estabelecimentos encontram-se ausentes, esses custos representam 8% dos benefícios.

3.2. Teoria de sistemas e cooperação

A teoria de sistemas traz uma série de conceitos que evidenciam o fato de que padrões cooperativos são mais benéficos para a coletividade. Ou, colocados em outros termos, a cooperação é uma atitude intrinsecamente sustentável, em suas duas acepções possíveis:

Co-operar = coordenar ações & Cooperar = contribuir solidariamente

Um postulado da área de pesquisa operacional mostra que “o ótimo global é diferente da soma dos ótimos locais”. Esse postulado está na raiz da busca de soluções, otimizadas dentro de um determinado contexto (o “ótimo global”), sendo aplicado para uma série de problemas práticos nas organizações, como na administração de produção (qual é o melhor sequenciamento de um sistema produtivo?), na área de logística de transporte (qual é a melhor rota para os veículos?) ou de engenharia de produto (qual é o melhor desenho para aproveitamento de tecido?), entre várias outras.

Este postulado traz ensinamentos importantes, sendo o principal que o melhor para o todo (a empresa, a cidade, o país) quase sempre é diferente do melhor para cada parte vista isoladamente. O mesmo raciocínio se aplica quando pensamos a dimensão do tempo: a melhor solução não será encontrada considerando somente aspectos de curto prazo ou somente aspectos de longo prazo.

Ao pensar qualquer sistema, quanto mais abrangente conseguirmos ser, maior é a probabilidade de alcançar a solução otimizada.

Dois outros conceitos importantes da teoria de sistemas são “sinergia” e “propriedades emergentes”. Enquanto o primeiro diz respeito aos ganhos de escala de uma ação colaborativa (pois, onde há relações sinérgicas, $1+1$ é mais que 2), o segundo revela os ganhos de escopo que “emergem” das relações agregadoras entre elementos de um sistema.⁹

3.3. Recursos naturais e concentração de renda

Uma sociedade sustentável é aquela que faz uso dos recursos naturais¹⁰ dentro dos limites de renovação dos ecossistemas direta e indiretamente afetados. É esse princípio que está implícito na conceituação do Relatório Brundtland que, ao contrário de

9 Reduzindo nosso corpo aos elementos químicos que o compõem chega-se a um conjunto de compostos orgânicos, água e sais minerais os quais, isoladamente, não apresentam nenhuma das propriedades do nosso corpo, como a capacidade de crescer, falar, se locomover, se reproduzir etc. Essas propriedades só “emergem” quando as partes são combinadas dinamicamente produzindo esses novos resultados.

10 Os recursos naturais podem ser *renováveis*, como a energia do Sol e do vento, ou *não renováveis* como o petróleo e os minérios em geral. Já a água, o solo e as árvores são *potencialmente renováveis*, desde que sejam respeitadas as suas taxas de renovação.

algumas críticas feitas, não é uma definição vaga e subjetiva. Existem limites físicos nos ecossistemas que, se devidamente avaliados e mensurados, podem nos dar indicadores quantitativos do que é um “desenvolvimento sustentável”.

Mais uma vez estamos diante de uma dificuldade de natureza ideológica e política e não de uma inviabilidade prática, pois o desenvolvimento sustentável requer impor limites ao crescimento desordenado e isso esbarra em pelo menos duas questões já mencionadas: crescimento ilimitado e concentração de renda.

Não faltam riquezas no mundo; o problema é que elas estão muito mal distribuídas. Do ponto de vista econômico, nada é mais “insustentável” que uma distribuição de renda muito assimétrica, como a verificada principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil, por exemplo. O Brasil é um país economicamente rico, com uma parcela significativa de sua população abaixo da linha de pobreza. Essa legião de pessoas de grande vulnerabilidade social é uma chaga aberta na sociedade que, além de agredir o senso de ética humana e de justiça social, produz consequências muito danosas do ponto de vista socioeconômico, entre os quais podem ser citados os seguintes impactos negativos sistêmicos:

- A desnutrição infantil acarreta sequelas físicas e cognitivas irreversíveis no indivíduo, de modo que a criança desnutrida de hoje carregará durante toda a sua vida uma série de problemas os quais, além de prejudicar o desenvolvimento dessa pessoa, resultarão em altos custos socioeconômicos.
- O analfabetismo torna essas pessoas pouco capacitadas para uma vida digna nas sociedades atuais, deixando-as com grande vulnerabilidades social.
- A alienação política, que faz desses estratos sociais massa de manobra de políticos que se sustentam exatamente da ignorância de seus eleitores.
- Pessoas sem poder aquisitivo não impulsionam a economia: um dos principais fatores atribuídos para a dinamização da economia brasileira nos últimos anos foi o acesso ao mercado de parcelas da população que estavam economicamente marginalizadas .

A lógica subjacente ao neoliberalismo econômico que dominou os mercados mundiais durante os anos 90, pregada pelos países de primeiro mundo e aplicada principalmente nos de terceiro mundo (onde o poder de manipulação das classes dominantes é bem maior), é o da livre empresa. No neoliberalismo “selvagem” se buscava, na verdade, a ausência total de obstáculos, o que significa barbárie e não liberdade.

Para uma distribuição de renda mais equânime não é necessário migrar desse neoliberalismo selvagem para sistemas políticos autoritários e radicais, como foram as experiências comunistas do século XX, permeadas por altos níveis de corrupção, violência e/ou agressão às liberdades individuais. É possível compatibilizar a livre iniciativa, que mobiliza o espírito empreendedor e criativo, com regulação social, através

de uma série de mecanismos efetivos, tais como um sistema tributário que desonere o trabalho e cobre mais do capital acumulado, mecanismos de incentivo à distribuição de lucros auferidos pela empresa, tais como, desoneração progressiva de impostos, privilégio em compras governamentais, redução de encargos trabalhistas, entre outras medidas possíveis.

Não há nenhuma utopia nessas medidas, as quais já são adotadas em diversos países. São soluções viáveis tecnicamente, mas que dependem de vontade política e de uma visão mais sustentável da vida em sociedade.

Os países que melhor enfrentaram as crises na década de 90, segundo o Banco Mundial, tinham uma economia regulamentada ou dirigida pelo estado. Ou seja, aqueles países que estavam no meio termo entre a “abertura soviética” e a “desregulamentação selvagem do período Reagan”¹¹ (o neoliberalismo). Fenômeno semelhante ocorreu no Brasil durante a crise econômica de 2008, país que conseguiu minimizar os problemas econômicos através de uma política de distribuição de renda que aumentou o poder de consumo de classes socialmente menos favorecidas.

► 4. Sustentabilidade empresarial

A ênfase nos dois livros que compõem esta série é a gestão da sustentabilidade em sistemas organizacionais, sejam esses pequenos empreendimentos, corporações transnacionais de grande porte, arranjos cooperativos, cadeias produtivas ou setores econômicos. Essa ênfase deve a concordarmos com a seguinte afirmação:

as organizações constituem-se em um dos agentes centrais da concretização de uma escolha de sociedade e dos relacionamentos humanos (Acktouf, 1996: 228).

As empresas e outras instituições são sistemas organizacionais de alta complexidade em contínua interação com o seu ambiente externo, de onde importam os recursos necessários para a execução de suas atividades e para onde exportam os seus produtos.¹² É por isso que o sucesso de um sistema organizacional depende tanto da sua capacidade de *entender* as demandas de seu ambiente de atuação, como da capacidade para se organizar (e, reorganizar-se) internamente para oferecer os produtos, sejam esses bens tangíveis ou serviços, que efetivamente possam *atender* a essas demandas.

¹¹ Essa expressão se refere ao ex-presidente americano Ronald Reagan, a quem é atribuída a seguinte frase: “Government is not the solution to our problem. Government is the problem.”

¹² Vários autores propõem a empresa como um sistema em transformação, sendo que esse enfoque sistêmico parece oferecer um meio efetivo de prover as capacidades estratégicas que são valorizadas pelos mercados atuais.

4.1. O novo ambiente empresarial

O universo corporativo parece começar a perceber que mudanças profundas estão ocorrendo de forma inexorável, e passa a incorporar estratégias e princípios mais alinhados com as propostas de um mundo sustentável. Os principais pensadores da administração trazem novas concepções de negócio, como Michael Porter, propondo uma mudança de “criação de valor para o acionista” para “criação de valor compartilhado”, no qual os interesses dos vários *stakeholders* são contemplados. Ou Prahalad, que há anos mostra como atitudes cooperativas dentro e fora das empresas podem trazer resultados interessantes para os negócios. Vários outros pensadores poderiam ser citados, além desses dois ícones da estratégia empresarial, como Kotler e Mintzberg, por exemplo.

Mesmo empresas com impactos diretos ao meio ambiente relativamente pequenos, estão iniciando a implantação de práticas e processos que sejam ambientalmente sustentáveis. Por exemplo, uma empresa de serviços que estimula seu funcionário a não usar copos plásticos, ou que contabiliza a quantidade de carbono emitida nos transportes de seus funcionários e na sua cadeia de valor.

Uma visão superficial e imediatista poderia considerar essas práticas inócuas, frente aos grandes volumes de lixo e de outros poluentes gerados por indústrias de grande porte. Porém, essas pequenas mudanças podem mobilizar efeitos multiplicadores com potencial para produzir impactos positivos em três diferentes vertentes:

- Na cadeia de valor onde a empresa se situa, em especial junto aos fornecedores das várias camadas, que podem ser estimulados a se alinharem a esse princípio sustentável.
- Na sociedade como um todo, pois as empresas são importantes matrizes sociais, cujos “vetores” são seus funcionários que podem disseminar práticas e valores para os outros grupos sociais a que pertencem (família, igreja, entre outros).
- Na própria empresa, na medida em que essas práticas simples são disseminadoras de novos e saudáveis valores e princípios, que tendem a permear de modo direto e indireto outros processos e comportamentos internos à empresa.

Mas as transformações no mundo empresarial são historicamente lentas pela própria inércia do sistema e, também, pelos seus fundamentos históricos. Segundo Acktouf (1996, 232), a ciência econômica, em especial os ramos neoclássico, marginalista, microeconômico e econométrico, marcou a administração moderna, a qual enxerga a sociedade como uma coleção de “produtores”, “consumidores” e “prestadores de serviços”. Já a visão de sustentabilidade requer relações mais enriquecidas, enxergando as pessoas como “cidadãos”, de modo a que o princípio de responsabilidade social seja parte integrante das estratégias de negócio e do modo de pensar das empresas e dos seus gestores.

Os estudos tradicionais da administração não levam muito em consideração o

“porque” e “para quem”, interessando-se primordialmente pelo “como”. Falta, portanto, a visão de responsabilidade socioambiental. Torna-se necessário repensar as práticas e princípios em direção a uma “gestão inteligente do futuro”, como clama Acktouf. Neste novo enfoque, devem ser buscados novos conhecimentos alinhados com uma visão na qual *administrar* seja:

conduzir atividades integradas e interdependentes, destinadas a combinar meios (financeiros, humanos, materiais etc.) para produzir produtos economicamente e socialmente úteis e rentáveis (Acktouf, 1996: 25).

Essa ruptura com os modelos gerenciais tradicionais vêm sendo implantada com sucesso em diversas organizações. Mas, provavelmente ainda teremos alguns anos antes que a “ruptura das rupturas” ocorra, isto é, uma mudança fundamental de mentalidade nos negócios em dois aspectos centrais e inextricavelmente inter-relacionados: os dirigentes verem trabalhadores como parceiros e não recursos; e, por sua vez, os sindicatos abandonarem a postura defensiva, adotando a estratégia da parceria.

4.2. Desafios para a Sustentabilidade Organizacional

O enfoque *triple bottom line* para sustentabilidade aplicado no âmbito das organizações resgata os princípios subjacentes a uma gestão de excelência, na medida em que introduz a necessidade de pensar a organização de forma holística, equilibrada e responsável.

A sustentabilidade organizacional pressupõe o equilíbrio no atendimento dos interesses e das necessidades de todos os *stakeholders* da organização: clientes, proprietários, fornecedores, funcionários e a sociedade como um todo, nos seus vários estratos (comunidade circundante, segmentos sociais específicos, governo local e nacional, entre outros).

A análise das relações dos *stakeholders* de uma dada organização com as três dimensões do tripé da sustentabilidade leva às seguintes reflexões:

- *Dimensão econômica*, que contribui para o desenvolvimento dos cinco grupos de *stakeholders*: o sucesso econômico das organizações, em especial aquelas do setor produtivo, é um dos principais fatores para o desenvolvimento socioeconômico do País e beneficia toda a *sociedade*. A viabilização econômica de uma organização se dá por meio da oferta de produtos que agregam valor aos seus *clientes*, vindo ao encontro dos interesses imediatos de seus *proprietários*, na forma de retorno sobre seus investimentos, de seus *funcionários* pela manutenção de bons empregos e de seus *fornecedores*, pela manutenção de seus negócios;
- *Dimensão social*, com impactos diretos nos funcionários e na sociedade: a responsabilidade social que deve estar presente nas organizações se reflete, em

- primeiro lugar, nas condições de trabalho oferecidas a seus *funcionários*. Essas boas condições de trabalho irão beneficiar também a *sociedade* como um todo na forma de empregos qualificados, entre outros benefícios diretos e indiretos.
- *Dimensão ambiental*, que impacta diretamente funcionários e a sociedade: o equilíbrio ambiental nos processos e produtos produzidos pela organização é de grande interesse para toda a *sociedade*, especialmente daqueles segmentos que são afetados mais diretamente, como os seus *funcionários* e as comunidades prejudicadas por eventuais impactos ambientais.

Uma gestão visando à sustentabilidade requer a coordenação de diferentes competências, uma vez que se lida com múltiplas variáveis associadas aos diversos fatores tangíveis e intangíveis presentes nos sistemas organizacionais de interesse. Esses fatores são de natureza humana, tecnológica e organizacional, o que requer uma gestão integrada que articule um conjunto variado de recursos e de competências (internas e externas) em diferentes domínios de conhecimento como, por exemplo, das engenharias e das ciências sociais aplicadas, entre outros componentes que constituem o capital intelectual das instituições do sistema organizacional em foco.¹³

A idéia de sustentabilidade contém em si os mais importantes princípios gerenciais que são o enfoque sistêmico e a visão de longo prazo. Esses dois princípios trazem o melhor da natureza do mundo corporativo e, portanto, contribuem para reforçar as boas práticas gerenciais, o que inclui aspectos como o senso de equipe, a percepção dos vários efeitos de uma mesma ação, a identificação das múltiplas causas de um mesmo efeito, a identificação das repercussões futuras de uma ação presente, a percepção da interação dinâmica da empresa com o seu ambiente, o enfoque multidisciplinar dos problemas, a integração departamental, o respeito, entre outros itens.

► 5. A dimensão humana da sustentabilidade organizacional: ressignificação do trabalho e dos relacionamentos nas organizações

Vários exemplos históricos mostram que erros gerenciais evidentes podem ser mantidos por longo do tempo, desde que este seja o paradigma dominante no mercado. Um dos mais ilustrativos exemplos ocorreu sob a égide do chamado “milagre japonês do pós-guerra”. Até o surgimento nas décadas de 70 e 80 das grandes empresas japonesas (Sony, Toyota, Mitsubishi etc.), os paradigmas dominantes nas empresas eram “foco na equipe de engenheiros” (ao invés de “foco no cliente”), “foco no produto” (ao invés de “foco nos processos”), enfoque cartesiano (e não sistêmico) entre outros.

Aos olhos de hoje são evidentes os erros gerenciais acima mencionados que eram

¹³ O sistema organizacional pode ser tanto uma empresa individual, como um grupo de empresas, um setor econômico, grupos de instituições em arranjos cooperativos (como redes organizacionais e INCTs) ou qualquer outro conjunto de organizações.

a regra no mundo corporativo até a década de 80. Acreditamos que esse mesmo fenômeno ocorrerá dentro de alguns anos, quando for analisada a maneira pela qual o fator humano ainda é hoje (pouco) considerado na maioria das empresas.

As unidades constituintes de qualquer sistema social, como são as empresas e os demais tipos de organização, são os seres humanos. Portanto, a ignorância a respeito da natureza humana e a desconsideração de suas necessidades constituem-se em importantes lacunas de competência gerencial. A manutenção de empresas com tal déficit de competência nos mercados atuais só se explica pelo fato de que essa mesma anomalia ocorre na maioria das empresas, ou seja, o paradigma dominante ainda é o da visão tecnocrática, nivelando por baixo o desempenho das organizações.

Numa perspectiva de recursos, o funcionário pode transcender as sua condição de mera “mão de obra”, tornando-se do valioso capital intelectual. Para isso, é necessário que ele compartilhe dos valores e/ou interesses comuns predominantes naquela organização. Caso contrário, como ele é dotado de livre arbítrio, seus interesses irão divergir dos demais indivíduos e, neste caso, na melhor das hipóteses, ele irá se manter alheio às necessidades da empresa. Na pior das hipóteses, ele irá trabalhar contra os objetivos comuns da organização – como, de fato, ocorre através de erros conscientes e não conscientes, o que é demonstrado por estudos feitos na área de “confiabilidade humana” – razão pela qual o sistema deverá canalizar recursos para sustentar mecanismos de coerção e controle, os quais impactam negativamente a sua eficiência.

Para que uma organização seja mais humanizada não é necessário eliminar as divisões técnicas de trabalho ou os níveis hierárquicos. Essas estratificações são naturais, inerente às organizações sociais e, muito embora possa haver exceções, não são ruins em si mesmas. O real problema existente nas organizações modernas, que têm origem na própria forma como as primeiras empresas foram estruturadas no século XVIII durante a Revolução Industrial, é o trabalho alienado.

A “alienação” (ie., “corte”, separação”, “estranhamento”) pode ser explicada por quatro cortes determinantes que clareiam os fundamentos do “trabalho alienado”: entre o trabalhador e o ato de trabalhar, entre o trabalhador e o produto resultante do seu trabalho, entre o trabalhador e o empregador (que deu origem às lutas de classe) e, entre o trabalhador e a natureza.

Segundo Acktouf (1996: 107), “O ato humano, por excelência, é o ato do trabalho!”. Portanto, a alienação (corte) entre o trabalhador e o trabalho, é o mais importante e o mais pernicioso, pelas implicações psicológicas e motivacionais. Origina-se na especialização do trabalho e está na origem da visão unicista de “criação do valor econômico”, onde o ato de produção é guiado pela lógica do crescimento e não do bem-estar da sociedade. É quando o ser humano passa a vender a sua “força de trabalho” e não o “resultado do seu trabalho”.

Dejours (2009) afirma que o trabalho possui papel central na construção da identidade dos indivíduos e para a sua saúde mental. Portanto, as condições no trabalho

podem afetar vários aspectos da vida das pessoas (familiar, cidadania etc.), além de outras possíveis repercussões em sua saúde física e mental. O sistema nervoso central do ser humano é feito para agir, não para ser inibido, sendo de uma complexidade inusitada, concebido para situações ricas e variadas, razão pela qual se demonstra que manter um trabalhador no mais baixo grau de suas capacidades provoca sofrimentos e somatizações.

Existem também numerosas formas de violência simbólica que os níveis hierárquicos descarregam uns sobre os outros, para compensar os seus próprios problemas, tais como, o exercício patológico da comunicação, pela recusa em dar a palavra, pelo abuso da autoridade ou pelas práticas de controle e regras degradantes.

5.1. Humanização dos negócios: integrando competitividade e visão social

“Uma empresa mais humanizada é desejável e possível e isso não é um ideal romântico, nem utopia, nem filantropia gratuita, mas, uma necessidade.”

Acktouf cita, ainda, frases do biólogo Albert Jacquard, reveladoras da insustentabilidade de nossos valores, como por exemplo: “Enfraquecer seu semelhante ou a natureza é enfraquecer sua espécie e a si mesmo!” ou “O homem é a única criatura cuja natureza é combater sua própria natureza!”.

Na lógica da qualidade total, que esteve na raiz da extraordinária recuperação japonesa no já mencionado “milagre” do pós-guerra, vale a primazia do “capital humano”, mesclando temas como espírito de equipe, valores compartilhados, projeto comum, grupos de negociação (como Círculos de Controle de Qualidade), além de outros temas emergentes, como ecologia, ética, coesão, iniciativa e criatividade. Foi sob a égide da qualidade total que surgiu a noção de responsabilidade social corporativa.

A visão ocidental de luta foi contraposta pelas empresas japonesas que, sob a batuta do *Ministry of International Trade and Industry* (MITI), praticavam a colaboração e o intercâmbio de descobertas, tornando possível criar uma sinergia industrial e uma massa crítica de colaboração que permitiu reduzir duplicações e desperdícios.

É importante destacar que, nesta visão sinérgica, não se questiona o princípio da concorrência. O que se questiona é o aspecto disfuncional da corrida pelo “máximo”, sob o pretexto da concorrência, que leva a desperdícios de recursos humanos, naturais e energéticos!

Esse contexto cooperativo torna o ambiente organizacional mais propício à criatividade, com funcionários comprometidos, ativos e pensantes. A seguinte frase de Deming, um dos maiores pensadores da qualidade total, sintetiza esse modo de agir: “work smarter, not harder”.

A “empresa inteligente” tão procurada é uma combinação das diversas inteligências individuais, impelidas pelo desejo de colaborar. A sinergia da reunião dos cérebros para ter maior capacidade criativa, única maneira de enfrentar os “desafios da

complexidade”, um dos principais desafios dos dias de hoje.

Ainda segundo Acktouf “*o respeito à dignidade do ser humano*” é um “leitmotiv”, isso é, um motivo recorrente que deve nos orientar. Assim, chegaremos a empregados mais bem formados, serenos, saudáveis, cooperativos, responsáveis, presentes e criativos. Para isso, Acktouf acredita em um “humanismo” como sendo a busca de uma concepção humana do homem, baseada nas grandes escolas do pensamento, sendo as seguintes bases essenciais desse humanismo:

- i. Considerar o ser humano como tendo autoconsciência, com aspirações ao próprio engrandecimento, centrado no seguinte princípio: “o homem não é um meio para alcançar um fim, mas ele carrega em si sua própria finalidade”.
- ii. Homem como um ser fundamental de sociedade, de relações com seus semelhantes.
- iii. Extinguir a alienação do trabalho (que é uma fonte de desumanização).
O homem deixa de vender a sua força de trabalho e passa a vender o resultado do seu trabalho, que é uma expressão de ato criador.
- iv. Estabelecer uma posição humanista que tenda para uma “teoria do sujeito”,¹⁴ em oposição às teorias dominantes na administração que fazem do homem um “objeto” a ser dirigido.

► 6. Cooperação e capital intelectual para sustentabilidade de ecossistemas

O Brasil vem adotando desde a década passada, principalmente nas áreas de ciência, tecnologia e inovação, modelos que privilegiam a cooperação interorganizacional, como os INCT/Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (criados em 2009), as várias redes organizacionais do SIBRATEC/Sistema Brasileiro de Tecnologia (em operação desde 2007), além de várias outras modalidades de arranjos organizacionais, como os APL/Arranjos Produtivos Locais, Parques Tecnológicos entre outros.

Os arranjos cooperativos são mais sustentáveis, pois, além de proporcionar um melhor aproveitamento dos recursos alocados, proporcionam uma abordagem mais abrangente (sistêmica) das questões envolvidas.

Os conceitos associados à teoria de sistemas apresentados anteriormente, permitem entender as razões pelas quais esses arranjos cooperativos produzem mais e melhores resultados, uma vez que existem tanto ganhos de escala (pela sinergia gerada), como ganhos de escopo (pelas propriedades emergentes do sistema cooperativo).

Mas, para que um sistema organizacional seja efetivamente sustentável, não é suficiente a disponibilidade de um conjunto adequado de recursos e de competências. É necessário também que estes sejam convenientemente integrados e articulados de

¹⁴ Segundo a “teoria do sujeito”, os seres humanos não são meros organismos, mas obedecem a razões, a sentimentos e a determinadas escolhas.

modo a criar melhores condições sistêmicas para produzir os resultados esperados nas dimensões econômica, social e ambiental, como veremos a seguir.

6.1. *Um recurso inesgotável para a nova economia*

Na abordagem da teoria neoclássica, os recursos organizacionais restringem-se a capital, trabalho e terra. Mas, como consequência da dinâmica evolutiva dos mercados, a teoria dos recursos incluiu entre os recursos organizacionais as “*entidades tangíveis e intangíveis que a firma tem à sua disposição e que lhes permitem produzir com mais eficiência ou eficácia*” (Sveiby, 1998).

O conjunto de recursos intangíveis é denominado por vários autores como *capital intelectual*, entendido como aqueles recursos que não possuem existência física, mas assim mesmo, representam valor para a empresa (Edvisson e Malone, 1998).

Sveiby identifica três conjuntos de fatores que compõem o capital intelectual: *capital humano*, que são os conhecimentos e as competências dos funcionários colocados a serviço da empresa; *capital estrutural*, envolvendo tanto os softwares e sistemas de gestão, como os demais ativos organizacionais que possam ser relacionados na categoria de “propriedade intelectual” (marcas, patentes, entre outros); *capital de relacionamento*, correspondente à geração de conhecimento resultante das relações com outras organizações, como clientes e fornecedores.

Todos os autores que tratam do tema capital intelectual enfatizam a importância do componente “capital humano” por três razões: o seu potencial para aumentar o capital estrutural; a sua capacidade para internalizar na empresa os frutos do capital de relacionamento e, assim, potencializar os resultados advindos; a sua capacidade para gerar novos conhecimentos.

6.2. *Capital intelectual como instrumento para sustentabilidade*

Feitos esses esclarecimentos iniciais, é possível compreender porque soluções com base no uso competente do capital intelectual, principalmente quando estão mobilizados em algum tipo de arranjo cooperativo interorganizacional, tendem a contribuir para a sustentabilidade. Isso se fundamenta em três conjuntos de fatores, que serão discutidos a seguir: o primeiro é de natureza econômica, o segundo é de natureza tecnológica e o terceiro é de natureza intrinsecamente sistêmica.

O capital intelectual é um ativo econômico, assim como os três fatores econômicos de produção clássicos, terra, capital e trabalho. O uso competente desse quarto fator econômico pode se constituir numa interessante alternativa aos investimentos dependentes de recursos financeiros, como historicamente se verificou na retomada do desenvolvimento em diversos países, seja na recuperação do Japão e de suas empresas no pós-guerra (décadas de 70-80), ou no surgimento dos tigres asiáticos (década de

90). Em ambos os casos, a recuperação ocorreu baseada fortemente na otimização e na integração do capital intelectual das diversas organizações desses países.

Os equívocos cometidos de forma sucessiva e cumulativa ao longo de toda a história recente do Brasil resultaram em um país que apresenta importantes lacunas em termos de infraestrutura física e de capacidade de investimento. Isso implica que o setor industrial brasileiro hoje apresenta déficits comparativos em relação a um grande número de países, como aqueles do bloco asiático, que apresentam melhores condições para atrair investimentos financeiros mais abundantes.

Nesse contexto adverso, a opção por estratégias e operações que valorizam o capital intelectual pode proporcionar ao Brasil e às suas empresas melhores condições para superar algumas das restrições resultantes das limitações de investimentos financeiros frente aos demais competidores. Vale ressaltar a afirmação anterior de que essa opção pelo foco no capital intelectual foi a estratégia utilizada para a bem sucedida recuperação e crescimento de diversos países.

O capital intelectual também está na raiz das inovações, fundamentais para as organizações fazerem frente à dinâmica evolutiva dos mercados atuais. O capital intelectual, especialmente na sua componente “capital humano”, é motor propulsor da inovação a qual, por sua vez, é fator de desenvolvimento sócio-econômico.

Schumpeter (1988), um dos mais importantes economistas da primeira metade do século XX, foi o precursor da noção de que o desenvolvimento econômico se efetiva a partir de inovações, ou “*novas combinações de materiais e forças empregadas de forma diversa*”. Esse processo de “destruição criativa” se efetiva através de um dos seguintes modos: introdução de um novo bem ou de uma nova qualidade de um bem já existente; introdução de um novo método de produção, baseado em uma descoberta científica nova ou, então, em um novo uso comercial; abertura de um novo mercado; conquista de uma nova oferta de matérias-primas ou produtos semimanufaturados, já existentes ou recém-descobertas; nova organização da indústria, como conquista de mercados ou fragmentação de posições de monopólio.

A inovação de produtos e processos é, portanto, condição fundamental para o sucesso das organizações (e das cadeias de valor onde estão inseridas) nos mercados atuais, os quais mudam continuamente e exigem níveis de desempenho sucessivamente melhores. E, a gestão competente do capital intelectual é o fator que alavanca a inovação de produtos, de processos, de serviços e de outros aspectos de interesse para uma organização empresarial, como o design de produto, a estrutura organizacional, os métodos gerenciais, as relações no trabalho, entre outros aspectos.

Além dos dois conjuntos de razões acima elencados, o capital intelectual é também um poderoso instrumento para o desenvolvimento sustentável de um país e de suas organizações, pelo fato de que a sua geração, disseminação e aplicação dependem do fator humano.

Desse modo, a opção por estratégias e operações que valorizam o capital intelectu-

al permite que a empresa alcance níveis de competitividade adequados às demandas dos mercados atuais, sem abrir mão dos interesses e das necessidades dos seus colaboradores, da sociedade e de outros *stakeholders*. Isso porque a competitividade de uma empresa é uma propriedade sistêmica influenciada por um grande conjunto de variáveis de diferentes naturezas – econômica, organizacional, tecnológica e humana – tanto da própria organização como do ambiente no qual ela está inserida, as quais são muito dependentes do fator humano.

► 7. Conclusões deste capítulo: sustentabilidade e o bem comum

Como os temas ligados à sustentabilidade normalmente são bastante complexos, isto é, possuem muitas variáveis, sua viabilização depende de competência para estruturar os múltiplos aspectos e as várias áreas do conhecimento envolvidas. Assim torna-se possível contemplar os interesses de todos os agentes envolvidos, incluindo as gerações futuras.

Para harmonizar tantos interesses e necessidades, alguns potencialmente conflitantes, entendemos que a melhor maneira para se conseguir a sustentabilidade de uma organização ao longo do tempo é através da implantação de sistemas organizacionais desenvolvidos com base no princípio do *bem comum*.

“Bem comum” é um termo utilizado em vários contextos, podendo ser entendido como “o fim a ser atingido pela sociedade humana”.¹⁵ No contexto organizacional, propomos a seguinte conceituação deste princípio importante para se alcançar a sustentabilidade organizacional:

Bem comum é um estado organizacional no qual os principais objetivos e necessidades de cada uma das partes da organização são atendidos de modo equilibrado, tendo como propósito maior o desenvolvimento sustentável da própria organização ao longo do tempo.

Essa conceituação proposta nos parece fornecer critérios objetivos, necessários para nortear a gestão estratégica da organização em busca de sustentabilidade ao longo do tempo, permitindo o uso de uma série de métodos estruturados já disponíveis na literatura, como a análise SWOT – *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats Threats*, o método “balanced scorecard”, ferramentas para gestão de stakeholders, entre outros.

O “bem comum” deve ser o critério maior – na maioria das vezes um *critério absoluto* – para tomada de decisão. Esse princípio tem uma relação clara com o conceito

15 Segundo a Doutrina Social da Igreja na encíclica *Pacem in Terris*, de 1963, pelo Papa João XXIII, o conceito de Bem Comum foi formulado como sendo o “conjunto de todas as condições de vida social que consistam e favoreçam o desenvolvimento integral da personalidade humana”. É o fim das pessoas singulares que existem na comunidade, como o fim do todo é o fim de qualquer de suas partes. Ou seja, o bem da comunidade é o bem do próprio indivíduo que a compõe.

de sustentabilidade e, num enfoque holístico, inclui os cinco grupos de *stakeholders*. Ele deve sobrepor-se aos interesses específicos individuais de grupos de *stakeholders*, tendo em vista algumas razões.

A primeira delas é que o bem comum fortalece ao longo do tempo os elos de realimentação positiva entre as várias partes do sistema (a organização), o que contribui para o fortalecimento do próprio sistema ao longo do tempo.

Uma outra importante razão é que o bem comum é o estado mais favorável para a “evolução” do sistema, uma vez que é a condição na qual existe a maior agregação de capital intelectual, mercê das relações cooperativas estabelecidas que tornam os agentes do sistema mais colaborativos e predispostos à compartilhar seus conhecimentos.

Vale destacar que a evolução é um propósito inerente tanto aos sistemas biológicos, como aos sistemas sócio-econômicos e aos seres humanos em condições de equilíbrio. Os sistemas organizacionais saudáveis possuem esse princípio teleológico¹⁶ em virtude de que estados mais evoluídos tendem a ser aqueles nos quais o sistema se torna mais eficiente e eficaz no atendimento de seus propósitos.

7.1. *Buscando soluções onde essas possam ser encontradas*

Existe uma interessante história da tradição Sufi, ilustrativa do nosso modo de pensar e agir como indivíduos e grupos sociais:

Um jovem caminhava à noite por uma rua escura, quando viu um homem agachado, debaixo de um poste de iluminação. Ao ser indagado sobre o que fazia, o homem respondeu: “procuro uma chave”. O jovem perguntou: “você a deixou cair aí?”, e o homem retrucou, “não, foi do outro lado da rua, mas lá está muito escuro”.

Esta atitude absurda do homem que procura a sua chave onde obviamente nunca será encontrada, é muito comum nas pessoas (é a síndrome da “zona de conforto”) sendo uma das causas dos problemas que estamos vivenciando.

As soluções para os imensos problemas que vivemos hoje não estão dentro do conjunto de soluções até hoje buscadas (o nosso “poste de luz”). Teremos que “atravessar a rua” dos paradigmas vigentes se quisermos encontrar as soluções que permitam, pelo menos, minimizar as mazelas econômicas, sociais, éticas e ambientais que hoje enfrentamos.

16 A teleologia é o estudo dos fins últimos da sociedade, da humanidade e da natureza. Suas origens remontam a Aristóteles com a sua noção de que as coisas servem a um propósito. O termo *teleologia* foi empregado no século dezoito com o fim de exprimir o modo de explicação baseado em causa final, diferentemente do modo de explicação baseado em causas eficientes. Apelamos para a causa final ou teleológica quando, ante uma entidade ou processo, perguntamos: “para quê?”.

Este capítulo, bem como todo o livro (e o segundo volume desta série), busca contribuir para essas reflexões e, principalmente, para a busca de soluções, como aquelas que foram citadas no início do capítulo.

Nos próximos capítulos deste primeiro volume serão abordadas questões relativas à gestão da C&T&I em ecossistemas organizacionais colaborativos (nos capítulos 2, 4 e 5), políticas governamentais para apoiar o desenvolvimento da indústria (capítulo 6) e questões relativas ao uso das redes sociais, um novo instrumento político e corporativo da nova sociedade (capítulo 3). Os capítulos 7 e 8 apresentam novas abordagens e técnicas visando à sustentabilidade da indústria eletrônica, sendo que no capítulo 9 é apresentado um caso real da aplicação integrada de várias das metodologias aqui comentadas, em apoio à sustentabilidade do setor brasileiro de equipamentos eletromédicos.

► REFERÊNCIAS

- AKTOUF, O. *A Administração entre a tradição e a renovação*. São Paulo: Atlas, 1996.
- ABINEE – Associação Brasileira da Indústria elétrica e eletrônica. *A indústria elétrica e eletrônica em 2020. Uma estratégia de desenvolvimento*. São Paulo, junho, 2009.
- CAPRA, F. *O ponto de mutação*. São Paulo: Cultrix, 1982.
- CHURCHMAN, C. W. *Introdução à teoria dos sistemas*. São Paulo: Vozes, 1972.
- DAY, G.S.; REBSTEIN, D.J. *A dinâmica da estratégia competitiva*. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- DEJOURS, C. *Entre o desespero e a esperança: como reencantar o trabalho?* *Revista: CULT*, São Paulo, n. 139, p. 49-53, set. 2009.
- EDVINSSON, L., MALONE, M.S. *Capital intelectual*. São Paulo: Makron, 1998.
- ELKINGTON, J., *Cannibals with forks*. New Society Publische, 1998.
- KAST, F.E., ROSENZWEIG, J.E. *Organization and management: a systems approach*. Tokyo: McGraw-Hill, 1985.
- KIRBY, K.E. *Organizational change: The systems approach* in Stahl e Bounds (ed.). **Competing globally through customer value: The management of Strategic suprasystems**, Westport: Quorum Books, 1991.
- KOTLER, P; ARMSTRONG, G. *Princípios de marketing*. Rio de Janeiro: Prentice Hall Brasil, 2007.
- LI, C.; BERNOFF, J. *Groundswell: winning in a world transformed by social technologies*. Boston, Mass: Harvard Business Press, 2008.
- MASLOW, A. H. *Motivation and Personality*. New York: Harper & Row, 1954.
- MEADOWS, D. et al. *Limites do crescimento: um relatório para o projeto do Clube de Roma sobre os problemas da humanidade*. São Paulo: Perspectiva, 1972.
- MONTGOMERY, C. A.; PORTER, M. E. *Estratégia: A busca da vantagem competitiva*. São Paulo: Campus, 1998.
- MORGAN, G. *Imagens da organização*. São Paulo: Atlas, 1996.
- PORTER, M.E. *Estratégia competitiva*. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

- RATTNER, H. *Sustentabilidade – uma visão humanista*. *Ambiente e Sociedade*, 1999, n.5, p. 233-240.
- ROCKSTROM, J. et al. *A safe operating space for humanity*. *Revista: Nature*, n 24, v 461, p. 472-475, set. 2009.
- RODRIGUES, Angela C. (2007). *Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: Estudo da cadeia pós-consumo no Brasil*. Dissertação (mestrado). Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, UNIMEP, Santa.
- SCHODERBEK, C.G.; SCHODERBEK, P.P.; KEFALAS, A.G. *Management systems: conceptual considerations*. Dallas: Business Publications, 1980.
- SCHUMPETER, J.A. *Teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo: Nova Cultural, 1988.
- SENGE, P., SMITH, B., KRUSCHWITZ, N., LAUR, J., SCHLEY, S. *A revolução decisiva*. Rio de Janeiro: Campus, 2009.
- SILVEIRA, M. A. *Gestão estratégica da inovação em organizações: Proposta de um modelo com enfoque sistêmico* In: **XXIII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica**, 2004, Curitiba. **XXIII Simpósio de gestão da Inovação Tecnológica**, 2004. p. 4279-4294.
- . *Método para avaliação de estratégia organizacional: Aplicação ao estudo comparativo de estratégias em indústrias* In: ANPAD / Encontro para Estudos de Estratégia, 2003, Curitiba. **Anais do Encontro para Estudos de Estratégia da ANPAD**, 2003. p. 1-16.
- . *Modelo para sistemas da qualidade como base da estratégia competitiva*. Universidade Estadual de Campinas. FEM (Tese Doutorado), 1999.
- SILVEIRA, M. A., GARDESANI, R., BUENO, A.K.S. *Supply and Reverse Supply Chains in the Brazilian Electro-Medical Equipment Industry: A Multiple Case Study for Compliance with WEEE and RoHS Directives* In: **APMS-2010 International Conference**, 2010, Como - Itália. APMS-2010, 2010.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas, 2007.
- SOARES, W.L. *Uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente: Uma avaliação integrada entre a economia, a saúde pública, a ecologia e a agricultura*. Fundação Osvaldo Cruz. FIOCRUZ (Tese Doutorado), 2010.
- SVEIBY, K.E. *A nova riqueza das organizações*. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. *Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change*. John Wiley & Sons, 1997.

CAPÍTULO 2

Gestão de arranjos multiorganizacionais para a inovação: a contribuição do conceito de ecossistemas organizacionais

Adalberto Mantovani Martiniano de Azevedo

► Introdução

FRENTE À INTENSA CONCORRÊNCIA nos mercados das indústrias de alto dinamismo tecnológico, a inovação de produtos e processos é uma atividade essencial para a competitividade sustentável das organizações. Contudo, o desenvolvimento e difusão de inovações¹ é um processo carregado de incertezas e riscos, que requer métodos específicos de gestão, exigindo habilidades e conhecimentos distintos daqueles usados na administração dos processos rotineiros (Tidd, Bessant e Pavitt, 2005).

As incertezas e riscos dos processos de inovação² decorrem da complexidade e diversidade das variáveis envolvidas. Em primeiro lugar, os produtos das indústrias inovativas são, em geral, voltados a mercados globais cujas exigências estão em constante transformação, atendidos por uma concorrência também globalizada que se mobiliza regularmente para inovar. Em segundo lugar, dada a complexidade de seus

1 A definição de inovação aqui utilizada é a proposta pela OECD (1995): produtos ou processos introduzidos em mercados, cuja difusão depende de uma série de atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais, todas conectadas e convergentes.

2 É importante observar aqui que essas incertezas dependem de fatores específicos a cada processo de inovação e seu ambiente, como a complexidade técnica, o grau de maturidade das tecnologias envolvidas, a estrutura de mercado para a inovação, entre outros fatores internos e externos (Kline e Rosenberg, 1986). O presente capítulo se refere às inovações de alta complexidade e incerteza, cujo desenvolvimento em geral exige um conjunto de atividades desenvolvidas por diversas organizações.

objetivos, o processo inovativo requer a combinação de conhecimentos de diferentes naturezas (tecnológico, organizacional, de *marketing*, regulatório,³ entre outros), que em seu conjunto viabilizam a introdução de novos produtos e/ou serviços:

Os processos de inovação são subjacentes a dinâmicas complexas e multidimensionais que envolvem uma variedade de atores, campos de conhecimento e competências de base localizadas tanto dentro da firma como no nível interorganizacional. Isso cria fortes complementaridades e interdependências que mostram a natureza coletiva do processo de inovação, o qual, por sua vez, requer esforços específicos visando coordenar coerente e dinamicamente os atores e recursos que contribuem para o processo como um todo (Hamdouch et al., 2008: 1, tradução do autor).

Assim, às incertezas tecnológicas dos processos de invenção e desenvolvimento de produtos e processos (viabilidade técnica) somam-se incertezas relacionadas à inserção dessas inovações em mercados e sistemas tecnológicos complexos, nos quais mudanças pelo lado da oferta (lançamento de produtos pela concorrência e novos conceitos tecnológicos) ou pelo lado da demanda (mudanças nos requisitos de produtos e processos, incluindo novas regulações) podem inviabilizar uma inovação (Rosenberg, 1996).

A redução das incertezas inerentes aos processos de inovação tecnológica exige a utilização de uma vasta gama de recursos tangíveis e intangíveis (financeiros, intelectuais, organizacionais, humanos, relacionais, etc.) que podem ser internos ou externos às organizações. A busca, seleção e utilização desses recursos requer uma grande diversidade de competências de gestão, que incluem competências para gerir recursos pertencentes às organizações (relacionados à aprendizagem organizacional, gestão do conhecimento, desenvolvimento de produtos/processos *in house*, etc.) e recursos de outras organizações (gestão de cooperações, prospecção tecnológica, adequação à regulação, inteligência de mercado, entre outros) (Tidd, Bessant e Pavitt, 2005).

Frente a essas exigências, a organização de arranjos multiorganizacionais é uma solução que diversas organizações levam a cabo com vistas ao desenvolvimento de inovações de alta complexidade e custo. Faems, Van Looy e Debackere (2003) enumeram os seguintes benefícios desses arranjos: 1. acesso a ativos complementares necessários para o sucesso comercial de projetos de inovação; 2. aquisição de conhecimento tácito e codificado pertencente a outras organizações, criando-se novas competências; 3. diluição dos custos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) entre as organizações envolvidas.

Contudo, a simples constituição desses arranjos não garante o sucesso dos esforços inovativos. Em primeiro lugar, para cumprir o objetivo de somar diferentes competências, os arranjos multiorganizacionais compõem-se de instituições heterogêneas, o que gera dificuldades de comunicação e integração, cuja superação depende de

3 Um exemplo da influência da regulação na direção da inovação está no Capítulo 8: “*Gestão da cadeia produtiva de ciclo fechado em empresas do setor eletroeletrônico para adequação a requisitos ambientais*”.

mecanismos eficazes de coordenação. Em segundo lugar, frequentemente tais arranjos são limitados em termos de instituições participantes. Como observado anteriormente, isso torna igualmente limitadas as possibilidades de tais arranjos induzirem um processo completo de circulação de tecnologia, gerador de inovação, para o qual é imprescindível a participação de uma ampla gama de organizações que cumprem funções específicas nesse processo (por exemplo, funções tecnológicas, regulatórias e mercadológicas) e que trabalham em conjunto.

A inovação, especialmente a tecnológica (mas também a organizacional e comercial) é hoje reconhecida como um processo coletivo, e não mais como apenas um fenômeno físico e social surgindo do gênio de alguma mente investigativa e genial. O processo de inovação é complexo, combinando potenciais técnicos e científicos enriquecido constantemente com recursos humanos de altas habilidades e também com competências tecnológicas, organizacionais, financeiras, relacionais e comerciais (Hamdouch et al., 2008: 1, tradução do autor).

Dessa maneira, o sucesso dos arranjos interorganizacionais para a inovação depende do gerenciamento de todo um portfólio de competências, internas e externas às organizações, cuja mobilização visando atingir um estado desejado (melhorias em produtos, processos, gestão e comercialização) é dificultada pela heterogeneidade das organizações participantes:

[...] as estratégias de inovação implicam na preparação de arranjos organizacionais de natureza heterogênea, tornando o balanceamento dos esforços de inovação entre diferentes unidades um ponto crucial de atenção do gerenciamento. (Faems, Van Looy e Debackere, 2003: 4, tradução do autor).

As estratégias de colaboração interorganizacional para a inovação tornam-se mais complexas na medida que aos objetivos de sustentabilidade econômica somam-se objetivos de sustentabilidade ambiental e social, uma vez que a consecução desses objetivos requer um leque maior de competências e uma maior variedade de instituições participantes, com o fim de balancear os esforços com vistas à sustentabilidade nas dimensões ambiental, econômica e social.

Como abordado por Azevedo (2010), a promoção de arranjos inovativos muitas vezes adota uma orientação *top down* (implementada “de cima para baixo”), ignorando muitos dos atores importantes para levar a cabo políticas de inovação, que requerem um enfoque *bottom-up* (implementação “de baixo para cima”, participativa) permitindo manipular os processos e atores envolvidos.⁴ Essa abordagem conduz ao

4 Uma ilustração dos problemas de implementação de políticas de C,T&I é apresentado no Capítulo 6: “Políticas setoriais de fomento à indústria eletrônica no Brasil: descrição e resultados”.

conceito de ecossistemas organizacionais aqui discutido: participativo, compartilhado e com a presença equilibrada dos diversos processos e atores importantes para a execução de programas e projetos de inovação de alta complexidade.

A inovação tecnológica bem sucedida tem de ser sistêmica. Um programa de desenvolvimento tecnológico tem de ser encaixado com a melhoria dos sistemas de educação e treinamento, bem como pela provisão de suporte de tecnologia e capital. Quando o sistema de suporte é incompleto e leva a altos custos de aprendizado, firmas de áreas prioritárias têm de ser ajudadas a suportar estes custos [...] (Lall e Teubal, 1998: 1381, tradução do autor).

Para Lall e Teubal (1998), o aprendizado para a organização dos arranjos multiorganizacionais para a inovação vai além do aprendizado tecnológico e organizacional das empresas e instituições de pesquisa. Envolve o aprendizado dos formuladores da política, cuja concepção deve ser flexível e rápida para responder a mudanças.

Frente a isso, considera-se o conceito de ecossistemas organizacionais uma ferramenta bastante útil para a gestão de arranjos multiorganizacionais, por possibilitar a compreensão sistêmica das interações entre os diversos atores importantes para o processo de inovação. Mais do que uma ferramenta descritiva, o mapeamento de ecossistemas organizacionais é um recurso para a gestão de ecossistemas de inovação em indústrias e regiões, facilitando o planejamento, execução e avaliação de programas e projetos multiorganizacionais. Além disso, o componente prescritivo está no enfoque participativo com que são tratados esses arranjos, superando a visão burocrática e dirigista típicas dos enfoques *top down* de concepção e implementação de políticas de inovação.

O presente capítulo visa apresentar uma revisão de diversos conceitos teóricos que definem e propõem metodologias de gestão de arranjos multiorganizacionais para a inovação, destacando o conceito de ecossistemas organizacionais e sua funcionalidade para o mapeamento e gestão de arranjos inovativos com vistas à sustentabilidade ambiental, econômica e social das organizações envolvidas.

Além desta introdução, este capítulo é dividido em 4 partes. A **primeira parte** do capítulo busca contextualizar rapidamente o assunto, descrevendo o surgimento de aportes teóricos sistêmicos que transformaram as políticas ofertistas lineares que enxergavam a academia como o *locus* da inovação. Esses novos aportes teóricos destacavam a importância da participação de organizações não acadêmicas (especialmente do setor privado) no processo de inovação, até então considerados meros receptores de conhecimento. Dessa forma, estimulavam a constituição de arranjos multiorganizacionais para impulsionar a atividade inovativa em setores e/ou regiões, o que se tornou bastante comum nas políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I). A **segunda parte** do capítulo discorre sobre diversos conceitos de arranjos multiorganizacionais (redes, sistemas de inovação, *clusters* e hélices triplas) mostrando as distintas

concepções de cada conceito sobre os arranjos multiorganizacionais, destacando-se as contribuições de cada um desses valiosos aportes teóricos. Na **terceira parte** do capítulo é introduzido o conceito de ecossistemas organizacionais, buscando-se expor sua funcionalidade para descrever arranjos multiorganizacionais complexos, bem como para sustentar processos de gestão que estimulem a criação coletiva de inovações que promovam a sustentabilidade ambiental, econômica e social das organizações, setores econômicos e regiões. Por fim, a **quarta parte** do capítulo sintetiza as discussões e as contribuições apresentadas nos itens anteriores, sugerindo temas para pesquisa teórica e aplicada embasadas nos conceitos discutidos.

► **1. Políticas para a geração e difusão de inovações: das torres de marfim do modelo ofertista linear aos sistemas multiorganizacionais para a inovação**

É bastante comum a ideia de que a inovação é um processo linear, no qual as tecnologias são criadas com base na disponibilidade de conhecimento gerado em instituições dedicadas à ciência básica e aplicada, notadamente, nas universidades e institutos de pesquisa. De acordo com essa concepção, a oferta de ciência e tecnologia na academia é o principal determinante do ritmo e direção da inovação. Por esse motivo, os modelos de explicação dos processos de inovação baseados nesse modelo são conhecidos na literatura como teorias *technology push* ou *science push* (Dosi, 1984).

Alinhado a essas teorias, o modelo ofertista-linear explica o processo inovativo considerando a oferta de tecnologia como condição necessária e suficiente para gerar a inovação em organizações públicas e privadas, e dessa maneira promover o crescimento econômico e social. Esse modelo ganhou força após a Segunda Guerra Mundial e justificou a implementação de políticas ofertistas de ciência e tecnologia, nas quais instituições de pesquisa financiadas pelo governo (em geral, voltadas a “missões públicas”, principalmente, defesa e saúde pública) tinham a função de ofertar um conjunto de tecnologias que poderiam ser automaticamente adotadas pela sociedade, gerando-se assim inovações de produtos e processos (críticas ao modelo ofertista-linear estão em Kline e Rosenberg, 1986; Dagnino, 2002; Godin, 2005 e Cassiolato e Lastres, 2005).

O modelo ofertista-linear foi apresentado no livro *Science, the Endless Frontier*,⁵ publicado pelo diretor do Escritório de Pesquisa Científica e Desenvolvimento dos Estados Unidos, Vannevar Bush, em 1945 (Moreira e Velho, 2008). No livro, Bush defendia a superioridade da ciência frente a outras formas de conhecimento para promover o progresso econômico e social. Partindo desse pressuposto, postulava que a inovação tecnológica seria um resultado direto de avanços na ciência básica desenvolvida em universidades e institutos de pesquisa. Estas ideias delinearam a política tecnológica predominante após a Segunda Guerra Mundial, que tratava os cientistas

5 As origens do modelo linear de inovação estão descritas em Godin (2005).

como os principais atores nos processos de inovação tecnológica, atribuindo a outros atores, especialmente às empresas, um papel secundário. Dessa maneira, a recomendação de política explicitamente apresentada em *Science, the Endless Frontier* foi promover o aumento do capital científico fortalecendo as “torres de marfim” (Etzkowitz et al, 2000) onde se produzia a ciência básica (universidades e institutos de pesquisa) (Moreira e Velho, 2008), sendo os cientistas os senhores das “caixas pretas” (Kline e Rosenberg, 1986) dos processos de inovação tecnológica.

Dudziak (2007) identifica uma transformação gradual do modelo ofertista-linear a partir dos anos 80, causada principalmente por dois fatores: 1. a publicação de estudos que questionavam a relação custo-benefício dos investimentos públicos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D); 2. o crescimento de movimentos sociais que contestavam a legitimidade das ações dos Estados tecnocráticos e centralizadores, incluindo as políticas de P&D, questionamento esses exacerbado por crises econômicas e pela perda de competitividade de países líderes nos anos 70 (Etzkowitz et al, 2000). Os autores ilustram esse processo com o caso dos Estados Unidos,⁶ cujas transformações se iniciaram com a introdução de mecanismos informais de transferência de tecnologia da academia para o setor produtivo, criando-se posteriormente um *lobby* de pequenas empresas e universidades que visava permitir a apropriação privada de resultados da pesquisa pública. O *lobby* culminou com o *Bayh-Dole Act*,⁷ que em 1980 garantia às universidades e institutos de pesquisa americanos a propriedade sobre os resultados de pesquisas financiadas com recursos federais. O *Bayh-Dole Act* também determinava que as universidades e institutos de pesquisa realizassem atividades visando a transferência de tecnologia.⁸

As possibilidades da cooperação interorganizacional nesse período ficam bem claras na análise explicativa de Saxenian (1990) sobre a retomada da competitividade das empresas estadunidenses do Vale do Silício na década de 1980. Para a autora, não foram empresas nem o Governo isoladamente os promotores da recuperação da região, mas sim o surgimento de redes de colaboração entre produtores especializados, que geraram um processo de aprendizado coletivo:

A dinâmica da revitalização do Vale do Silício aparece na nova onda de empresas emergentes de semicondutores. Estas empresas, junto a centenas de firmas de tecnologia vizi-

6 Na verdade, a ênfase na aplicabilidade é um aspecto que distingue o sistema americano de C, T & I desde o século XIX. Já em 1862, o *Morrill Act* criou o sistema de *Land Grant Colleges*, garantindo suporte federal a Estados para a criação de universidades que apoiassem setores específicos. Dez anos depois da criação do sistema, o número de escolas de engenharia nos EUA havia passado de seis para setenta (Noble, 1977).

7 Partes da Lei da Inovação, implementada no Brasil em 2004, foram inspiradas no *Bayh-Dole Act* (Moreira et al, 2004).

8 O problema da transferência de tecnologia da universidade para as empresas é discutido no Capítulo 4: “*Transferência de Tecnologia, Inovação Tecnológica e Desenvolvimento*”.

nhas, estão forjando um modelo flexível de produção na região. Por se beneficiarem de redes sociais e infraestrutura industrial que haviam sido criadas e abandonadas pelas firmas convencionais de semicondutores, estas empresas de pequeno e médio porte são pioneiras de um novo Vale do Silício, um que encoraja a colaboração e a inovação recíproca entre redes de produtores especializados (Saxenian, 1990: 89-90, tradução do autor).

Frente a essa nova realidade, a concepção linear e ofertista do processo de inovação foi revisada, introduzindo-se uma visão sistêmica do processo. A inovação passa a ser entendida como resultado de uma série de atividades não conectadas de forma linear, envolvendo o aprendizado cumulativo e específico de diversas instituições e fontes de informação científica e tecnológica (Cassiolo e Lastres, 2005). Essa visão sistêmica, aliada a princípios de ciências naturais como a biologia evolutiva e a termodinâmica de sistemas abertos, deu origem ao pensamento econômico evolucionista, que começa a se consolidar como uma abordagem unificada em 1982, com o lançamento do livro *An Evolutionary Theory of Economic Change*, de Richard Nelson e Sidney Winter (Saviotti, 1997).

A concepção evolucionista entende a inovação como resultado da interação de diversas organizações e agentes (Kline e Rosenberg, 1986), que em seu conjunto geram e difundem as inovações, sendo por isso da maior importância as configurações estruturais dos arranjos multiorganizacionais (Saviotti, 1997). Assim, para que uma invenção se torne uma inovação, é necessária a participação de diversas instituições (de maneira geral públicas, privadas e do terceiro setor) de cuja interação surgem as condições necessárias para a geração de inovações:

A tecnologia é raramente criada e comercializada inteiramente por meio das ações de algum cientista, engenheiro ou empreendedor individualmente, ou através de pesquisa com abundância de recursos e grupos bem organizados em firmas de pesquisa. Ao invés disso, a geração, formulação e difusão dependem de interações complexas entre indivíduos e grupos de pessoas nas organizações baseadas em pesquisa e ciência, firmas atuando como vendedores, clientes, parceiros e competidores, e as demandas sempre em mudança de governos, no papel de clientes individuais e reguladores (Dodgson, 1993: IX, tradução do autor).

Segundo a concepção evolucionista, o processo inovativo é uma atividade coletiva, onde instituições variadas e dotadas de competências próprias participam de um processo de aprendizado onde ativos e competências complementares são colocados em contato, o que exige a existência de toda uma infraestrutura de instituições de suporte:

O processo de aprendizado é invariavelmente caracterizado por externalidades, transbordamentos (*spillovers*) e trocas de informações e habilidades de forma deliberada (fre-

quentemente sem a intermediação do mercado). Isso resulta no aprendizado coletivo de tecnologias e rotinas em redes de atividades relacionadas [...] Um dos maiores objetivos da política tecnológica tem de ser disponibilizar, promover e estender esse aprendizado coletivo, e promover atividades que gerem mais externalidades que outras [...] Como o uso de novas tecnologias requer novas habilidades e informações que as firmas podem ser incapazes de fornecer internamente, a educação/treinamento externos e o suporte tecnológico devem estar intimamente ligados ao processo de aprendizado. Assim, universidades, escolas, instituições de treinamento e pesquisa, laboratórios e as instituições de infraestrutura tecnológica devem ajudar a fornecer os insumos que os empreendimentos requerem para dominar eficientemente novas tecnologias (Lall e Teubal, 1998: 1374, tradução do autor).

Lall e Teubal (1998) propõem um enfoque sistêmico para o desenho do que chamam de “políticas tecnológicas de estímulo ao mercado”, nas quais seriam combinados instrumentos verticais de estímulo, voltados a setores e indústrias específicas, como, por exemplo, a Lei de Informática brasileira, instrumentos funcionais, voltados a estimular fatores de produção, como crédito, infraestrutura e instrumentos horizontais, utilizados na promoção de atividades específicas que podem auxiliar vários setores, como programas de inserção de pesquisadores em empresas e a oferta de Tecnologia Industrial Básica (TIB).

Mowery et al (2004) destacam a necessidade das organizações desenvolverem competências relacionais que assegurem a eficiência de suas interações com agentes externos no desenvolvimento de inovações. O assunto é tratado em maior detalhe por Munier (2006), que destaca a importância dessas interações:

[...] as firmas desenvolvem competências para inovar. Dessa maneira, a dimensão transversal da inovação requer o desenvolvimento de múltiplas interações com terceiros, com empresas ou instituições públicas, por exemplo, universidades e centros de pesquisa [...] As competências são também importantes no nível das relações que as firmas estabelecem com parceiros externos [...] A capacidade (ou competência) da firma para explorar conhecimentos externos é crucial para desenvolver uma inovação. A firma pode mais ou menos qualificada para agarrar oportunidades tecnológicas e para apoiar interações externas para criar conhecimento (Munier, 2006: 2, tradução do autor).

O autor diferencia a capacidade que pequenas e grandes empresas possuem para criar competências relacionais, destacando que as empresas de menor porte possuem maiores necessidades de suporte de outras instituições importantes no processo inovativo, sendo por isso especialmente importante para pequenas e médias empresas a rede de instituições envolvidas no processo:

Os fatos estilizados ligados às relações desenvolvidas pelas grandes e pequenas firmas são diferentes. As primeiras desenvolvem alianças estratégicas, cooperam mais entre si, especialmente formando *joint ventures* para P&D. O surgimento de redes de firmas é parte desta lógica. Já as pequenas firmas têm uma necessidade mais forte por suporte institucional para se conectar ou ter acesso ao mundo da ciência e das técnicas. Na falta de parcerias como as desenvolvidas por grandes empresas entre si (particularmente as alianças estratégicas) as pequenas e médias empresas podem se beneficiar de redes menos formais. (Munier, 2006: 2, tradução do autor).

A capacidade de absorver conhecimentos externos e incorporá-los nos processos de inovação é chamada por Cohen e Levinthal (1990) de capacidade de absorção. Para os autores, a capacidade de absorção envolve o reconhecimento, seleção e aplicação comerciais de novos conhecimentos e tecnologias. Essa capacidade é um subproduto das atividades de P&D e das atividades de rotina das organizações, fundamental na busca e seleção de inovações pelas empresas dentro de seus ecossistemas organizacionais.

A consideração de todos esses fatores como importantes no processo de inovação, ao destacar as interações entre diferentes atores, reforça a concepção da inovação como um processo coletivo, em que o todo se torna maior do que as somas das partes isoladamente. Nessa concepção, não fazem mais sentido os modelos ofertistas lineares que supunham a atuação isolada dos diferentes agentes envolvidos no processo inovativo.

Frequentemente, essas novas teorias e conceitos baseados no enfoque sistêmico funcionam como embasamento teórico são a base teórica de políticas de inovação baseadas na organização e coordenação de arranjos multiorganizacionais:

Em diversos países, as políticas tecnológicas têm enfatizado programas de cooperação entre os setores públicos e privado para estimular e apoiar os esforços das empresas, reduzir riscos e maximizar os resultados da capacitação científica constituída localmente. Esses esforços, além de incentivar as parcerias entre universidades, institutos de pesquisa e empresas, estão voltados à maior interação entre as próprias empresas, seja na forma de “redes cooperativas” de pesquisa, centros compartilhados, infra-estruturas comuns, ou por meio de políticas explícitas de suporte a arranjos e sistemas locais de inovação. (Lotufo, 2009: 42).

Marques e Abrunhosa apontam que a influência das novas teorias da inovação também afeta as políticas de C,T&I dos países pertencentes à OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico):

Pelas duas últimas décadas ocorreram importantes desenvolvimentos na análise teórica da inovação tecnológica, bem como políticas públicas dirigidas para esse campo em países da OCDE. Um aspecto particularmente notável dessa evolução é a crescente

influência da teoria da inovação sobre a política de inovação, ou em outras palavras, a crescente dependência dessas políticas em relação às teorias desenvolvidas (Marques e Abrunhosa, 2005: 2, tradução do autor).

A concepção sistêmica do processo de inovação induziu assim a introdução de políticas tecnológicas que visavam aproximar a academia dos diversos outros atores importantes para a geração de inovações (especialmente as empresas privadas), forçando os cientistas a deixarem as “torres de marfim”, onde era gerada a ciência básica e a aproximarem-se de outros atores e instituições.

No Brasil, a adoção desta nova orientação teórica no sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação (C&T&I) ocorreu no final da década de 90, quando foram implementadas políticas que visavam alinhar os instrumentos de incentivo à inovação às políticas industrial e de desenvolvimento econômico (Pacheco, 2003).⁹ As reformas focadas na promoção da inovação sistêmica iniciaram-se com a Lei que criou o Fundo Setorial do Petróleo e Gás em 1997,¹⁰ seguida do lançamento de leis que criaram mais doze Fundos Setoriais entre 2000 e 2001. Seguiram-se Medidas Provisórias (MPs) que alteravam os Fundos Setoriais, leis visando estabilizar a oferta de recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), a Lei de Inovação de 2004 e a Lei do Bem de 2005 (Pacheco, 2003; Melo, 2010).

Examinando-se especificamente os recursos disponibilizados em editais financiados com recursos do FNDCT direcionados à constituição de arranjos colaborativos no período 2002-2010, nota-se uma forte expansão no financiamento a arranjos cooperativos (Quadro 1),¹¹ especialmente nos editais voltados à formação de redes técnico-científicas e à cooperação universidade-empresa.

Dentro da orientação paradigmática que postula que o processo de inovação só ocorre com a formação de arranjos multiorganizacionais, diversas teorias foram desenvolvidas e deram origem a diversas orientações de políticas, cuja diversidade fica evidente no Quadro 1. As sessões seguintes têm como objetivo explorar essas teorias e seus principais conceitos, apontando seus contornos gerais e suas limitações como explicação dos processos de inovação e como base para a proposição de políticas de inovação.

9 Algumas reformas haviam sido levadas a cabo antes de 1999, com foco no fortalecimento das atividades de ciência e tecnologia. Entre as iniciativas importantes estão a Lei da Informática (1991); a Lei de Biossegurança (1995); a Lei da Propriedade Industrial (1996); a Lei de Cultivares (1997); a Lei de criação do Fundo Setorial do Petróleo e Gás (CTPetro) (1997); e a Lei de Software (1998) (Pacheco, 2003).

10 Para saber mais sobre a concepção e execução dos Fundos Setoriais, consulte Pereira, Hasegawa e Azevedo (2006).

11 Nos Editais de subvenção econômica a empresas da FINEP, um dos critérios para a avaliação das propostas é a “Articulação sistêmica de parceiros, diversidade e complementaridade de atribuições (instituições locais, estaduais, regionais; públicas, privadas; de crédito, de fomento, de C&T, etc.) (FINEP, 2006).

Quadro 1. Evolução dos recursos do FNDCT disponibilizados em editais do MCT para a execução de pesquisa colaborativa (por tipo de arranjo) e mil Reais (R\$ mil) por tipo de arranjo*

Tipo de arranjo	Recursos por ano (R\$ mil)								
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Arranjos produtivos locais (APLs)	0	0	0	0	40.000	0	16.100	12.400	0
Redes técnico científicas	0	0	5.000	4.000	50.300	10.000	271.800	90.866	224.500
Parques Tecnológicos	12.000	0	4.000	0	0	0	0	0	40.000
Incubadoras de empresas de base tecnológica	12.000	3.500	5.400	3.400	11.600	14.000	0	15.500	10.000
Cooperação universidade-empresa	55.000	22.000	55.000	62.000	135.320	36.000	0	32.200	209.500
Capacitação de fornecedores	0	6.250	13.200	6.000	14.000	0	0	0	30.000
Fomento a infraestrutura multiusuários	0	30.000	0	0	30.000	6.300	0	0	0
Serviços tecnológicos	27.500	1.630	2.000	8.000	16.260	0	40.000	7.000	65.000
Formação de RH nas empresas	0	0	0	29.000	5.400	20.000	26.000	38.000	0
Apoio a cadeias produtivas	0	0	0	0	0	0	9.980	12.000	0

Fonte: Elaborado a partir de informações do SIGCTI (2011)

► 2. Arranjos multiorganizacionais para a inovação

Diversas denominações são dadas a arranjos multiorganizacionais voltados à transferência de tecnologia para a inovação. Entre as mais utilizadas, serão aqui brevemente descritos os conceitos de redes técnico-científicas (Callon, 1992), sistemas nacionais, locais e setoriais de inovação (Nelson, 1993; Cassiolato e Lastres, 2000; Malerba, 2002; Hekkert et al, 2008), *clusters* (Hamdouch, 2008) e hélices triplas (Leydesdorf e Etkowitz, 1996; Etkowitz e Leydesdorf, 2000).

Como colocado na sessão anterior, estas teorias possuem um forte conteúdo prescritivo, influenciando a formulação de políticas de C&T&I. Ainda que sejam orientadas por um enfoque sistêmico que representa um avanço em relação ao modelo ofertista linear, alguns problemas podem ser apontados nesses modelos, problemas esses que serão descritos nas sessões seguintes.

2.1. Redes técnico-econômicas

O conceito de redes é utilizado em diversos campos da ciência para descrever sistemas complexos formados por componentes diversos (Börzel, 1997). Nas ciências sociais,

o conceito é utilizado em diversos estudos, como redes de indústrias, redes de administração de negócios e redes de políticas públicas. No campo dos estudos de ciência, tecnologia e inovação, Börzel (1997) aponta como seminal o artigo de Michel Callon, *The Sociology of an Actor Network: the Case of the Electric Vehicle*, publicado em 1986 no livro *Mapping the Dynamics of Science and Technology: Sociology of Science in the Real World*.

Posteriormente, Callon (1992) introduziu o conceito de redes técnico-econômicas, descrevendo os componentes das redes de transferência de tecnologia e inovação. Segundo o autor, essas redes são formadas por diversos atores heterogêneos pertencentes a três pólos: um pólo científico, produtor de conhecimento; um pólo tecnológico, voltado à aplicação do conhecimento; um pólo de mercado (empresas e usuários), onde se efetiva a inovação (nos mercados). Entre estes pólos, circulam intermediários que mediam as interações entre os atores, como documentos científicos e tecnológicos (artigos, patentes), competências e capacitações (que circulam, por exemplo, através de cursos e mobilidade profissional), recursos financeiros (financiamentos, mercados), bem como artefatos (equipamentos científicos e tecnológicos). Callon (1995) propõe uma tipificação que diferencia redes convergentes de redes divergentes: uma rede convergente é aquela onde os atores apresentam consenso sobre as ações a serem realizadas (por exemplo, quais tecnologias adotar); já uma rede divergente é aquela na qual não existe um consenso estabelecido sobre as ações a serem tomadas, coexistindo diferentes opções de ação que dificultam o alinhamento entre os atores. Em geral, as redes convergentes estão construídas em torno de tecnologias com trajetórias bem estabelecidas; já as redes divergentes são típicas de novas tecnologias sobre as quais existem grandes incertezas sobre a trajetória a ser seguida, exigindo um processo mais intenso de negociação entre os atores através da troca de intermediários, o que torna a transferência de tecnologia um processo complexo e incerto.

Corallo e Protopapa (2007) remetem o conceito de redes de inovação aos estudos de Manuel Castells, organizados no livro *The Rise of the Network Society*, de 1996. Diferente da concepção de Callon, Castells considera a empresa privada o *locus* central das redes de transferência de tecnologia para a inovação. Essas redes nada mais são que uma forma de organização adequada a ambientes com alto grau de incerteza, nos quais é necessário mudar de uma estrutura de governança vertical (concentrada na empresa individual) para uma estrutura horizontal (dispersa entre diversas organizações). Essa nova forma de governança, facilitada pelas tecnologias de comunicação digital, tem como características principais a exploração de complementaridades e a colaboração interorganizacional, direcionando as organizações a processos de co-evolução alimentados pela troca de conhecimento e iniciados por alguma característica comum (geográfica, institucional, ideológica ou tecnológica) que aproxima as organizações em torno de interesses compartilhados.

De Pellegrin et al (2007) propõem um modelo de gestão de redes que denominam Rede de Inovação Horizontal Induzida (RIHI). Em uma RIHI, o Governo e/ou um

conjunto de empresas desenvolvem ações para melhorar ou desenvolver a cooperação entre as organizações de um setor, visando sua convergência no processo inovativo. Para alcançar esse objetivo, é necessária a criação de uma organização cujos objetivos e estruturas sejam decididos pelos atores participantes, incluindo-se aí uma central de coordenação que harmonize os diferentes objetivos dos integrantes da rede tendo em vista os objetivos das empresas, consideradas pelos autores o *locus* da inovação. Para essa central de coordenação cabe recrutar os membros da rede, articular as relações de cooperação e transferência de tecnologia (utilizando, por exemplo, chamadas de projetos de pesquisa cooperativos entre universidades e empresas), organizar informações de interesse (por exemplo, prospectar mercados), atuar sobre fatores ambientais (promovendo ações focadas em mercados específicos), criar mecanismos de aprendizado (como cursos) e atuar junto a instituições de apoio (por exemplo, facilitando a prestação de serviços tecnológicos como certificação/acreditação). Dessa maneira, cabe à central de coordenação da rede reduzir o risco das empresas engajadas em um projeto colaborativo de inovação tecnológica através da prospecção de oportunidades e da promoção da colaboração entre empresas, bem como entre as empresas e outras instituições.

Hamdouch et al (2008) assim descrevem o seu modelo da inovação em rede (*networked model*):

[...] Esse modelo reestrutura a inovação bem como as dinâmicas competitivas em termos mais coletivos [...] O modelo também aumenta o jogo competitivo de rivalidades entre firmas para rivalidades dentro e ao longo de várias escalas espaciais (cidades, regiões e países). Portanto, os processos de inovação e acumulação de criação e difusão do conhecimento sustentam uma dinâmica organizacional na qual estratégias industriais, políticas públicas e comportamentos social e institucionalmente determinados criam mecanismos de interação (Hamdouch et al., 2008: 7-8, tradução do autor).

Para os autores, essas redes requerem grandes esforços de coordenação, que se tornam ainda mais complexos com a globalização das atividades de P&D, criando novos problemas de governança (como gerenciamento de riscos, gerenciamento de recursos financeiros, e regimes de apropriabilidade). A eficiência dos arranjos, para os autores, depende de normas e procedimentos que as empresas aceitam e implementam, tornando possível que essas empresas gerenciem as atividades colaborativas de inovação, explorem suas vantagens e regulem riscos e custos associados.

2.2. Sistemas de Inovação

Cassiolato e Lastres (2005) conceituam um sistema de inovação como um conjunto de instituições distintas que contribuem para o desenvolvimento da capacidade de inovação e aprendizado de um país, região, setor ou localidade, afetando os rumos de

seu desenvolvimento. Constituem-se de elementos e relações que interagem na produção, difusão e uso do conhecimento. A ideia básica do conceito de sistemas de inovação é que o desempenho inovativo depende não apenas do desempenho de empresas e organizações de ensino e pesquisa, mas também de como elas interagem entre si e com vários outros atores. Depende também de como as instituições – incluindo-se aí as políticas de C,T&I – afetam o desenvolvimento dos sistemas. Entende-se, deste modo, que os processos de inovação que ocorrem no âmbito da empresa são, em geral, gerados e sustentados por suas relações com outras empresas e organizações, ou seja, a inovação consiste em um fenômeno sistêmico e interativo, caracterizado por diferentes tipos de cooperação.

O conceito de Sistema de Inovação (SI), de acordo com Edquist (2001), foi introduzido por três autores: Christopher Freeman em 1987, no livro *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*; Bengt-Aake Lundvall, que em 1992 foi o organizador do livro *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*; e Richard Nelson, que organizou em 1993 o livro *National Innovation Systems: a Comparative Study*.

Um SI é composto por todos os elementos econômicos, sociais, políticos e organizacionais que influenciam o desenvolvimento, difusão e utilização de inovações, geradas através do aprendizado que ocorre nas interações entre instituições que trocam conhecimento e tecnologia (Edquist, 2001). Os componentes principais de um SI são as organizações e instituições. As organizações são os componentes criados de forma consciente pelos atores, com objetivos explícitos (por exemplo, empresas, instituições de ensino e pesquisa e agências públicas de fomento). Já as instituições compreendem um conjunto de rotinas e regras que regulam as interações (de mercado ou não) entre as organizações (por exemplo, regras de propriedade intelectual, códigos de ética, leis comerciais, contratos de transferência de tecnologia, etc.).

A inovação induzida pela criação de arranjos colaborativos interinstitucionais que gerem ciclos virtuosos de aprendizado e transferência tecnológica pode ser facilitada pela formação de sistemas setoriais de inovação (Malerba, 2002). Esses SIs incluem diversos componentes com funções específicas (Hekkert et al., 2007): desenvolvimento e difusão do conhecimento; influência sobre a direção das buscas de novas tecnologias; promoção de empreendimentos experimentais; formação de mercados; mobilização de recursos humanos e financeiros; legitimação de novas tecnologias e geração de externalidades positivas. Assim, a definição de funções de um SI é um instrumento de gestão que ajuda a definir as atribuições de seus componentes, bem como a controlar a execução dessas funções.

Os problemas das políticas baseadas na ideia de sistemas de inovação, de acordo com o estudo de Azevedo (2010) sobre o Programa de Biodiesel Brasileiro, residem nos pressupostos comportamentais que se supõe para os atores, especialmente a noção do Estado como corretor de falhas de mercado:

Sem a pretensão de esgotar o assunto, três objeções podem ser feitas à concepção do Estado como corretor de falhas dos mercados de energia através da construção de sistemas de inovação. Em primeiro lugar, a concepção de que o Estado ou qualquer outra entidade seja capaz de corrigir tais falhas é bastante irrealista: tais falhas são características essenciais da economia de mercado, não sendo plausível conceber que o Estado possa corrigir tais imperfeições [...] A segunda objeção deriva diretamente da primeira: a suposição de que o Estado detém *a priori* o conhecimento das variáveis envolvidas na política, podendo antecipar seus resultados, desconsidera que a característica integrante de qualquer política pública é a presença de resultados imprevistos. Em terceiro lugar, o Estado está longe da neutralidade na definição de políticas de intervenção, em geral construídas a partir da negociação entre grupos de interesse que por definição não estão interessados no equilíbrio do mercado, mas sim na apropriação de possíveis benefícios da política. As assimetrias entre os interesses desses atores e os seus efeitos na implementação da política geram um fator adicional de incerteza sobre os resultados de políticas de intervenção (Azevedo, 2010: 69).

2.3. *Clusters de inovação*

De acordo com Lins (2001) o conceito de *clusters* remonta a 1881, com o lançamento do livro *Princípios de Economia*, de Alfred Marshall. Nessa obra, Marshall destacava a importância da localização das indústrias em função dos benefícios oferecidos em seus entornos, chamados por Marshall de vantagens associadas a economias externas.

O estudo de *clusters* de inovação, por sua vez, vem se intensificando a partir do meio dos anos 1990s (Hamdouch, 2008). Desde então, economistas das áreas de economia industrial e da “nova” geografia econômica, bem como sociologistas e administradores com foco em estratégia empresarial, têm realizado pesquisas empíricas e conceituais sobre o tema, elucidando as dimensões e os mecanismos de formação de *clusters* em torno de indústrias de alta tecnologia. Entre os diversos assuntos tratados, destacam-se a análise das lógicas (tecnológica, econômica, financeira, histórica e institucional) que encorajam a organização e desenvolvimento de *clusters* de inovação em áreas geográficas determinadas.

Paralelamente, muitos governos nacionais e organizações internacionais têm trabalhado em programas de formação de *clusters*, fundados na convicção de que a competitividade internacional depende de elementos locais da região onde se localizam as organizações (Hamdouch, 2008).

Apesar dos esforços de pesquisa e das políticas voltadas ao seu desenvolvimento, para Hamdouch (2008), os assuntos relacionados ao conceito de *clusters* ainda são muito debatidos e estão longe de um consenso, permanecendo dúvidas em temas como a definição do que seja um *cluster* de inovação, quais são suas fronteiras espaciais/geográficas e quais as condições determinantes de seu surgimento e desenvolvimento.

O autor distingue duas concepções populares de *clusters*. A primeira é derivada do livro de Michael Porter de 1990, *The Competitive Advantage of Nations*, e outros trabalhos subsequentes do autor. Para Porter, os *clusters* são um conjunto de instituições bem sucedidas em áreas específicas, concentradas geograficamente, interconectadas por competências complementares e confiança mútua, e compostos por empresas e outras entidades importantes para a competitividade de uma região. Para Porter, as vantagens dos *clusters* residem na promoção da cooperação e da competição, constituindo-se em um formato organizacional coletivo que está entre um formato *arm's-length*, baseado na independência dos atores e no livre mercado, e um formato hierarquizado ou verticalizado, com uma ou um grupo de empresas controlando todas as organizações relacionadas. Dessa maneira, o *cluster* é uma forma alternativa de organização de uma cadeia de valor. Por um lado, permite melhor coordenação e maior confiança nas trocas de intermediários do que em um sistema *arm's-length*. Por outro, reduz as inflexibilidades típicas de arranjos multiorganizacionais altamente hierarquizados, e diminui os problemas implicados na formação de alianças formais, como parcerias e alianças.

Uma das dificuldades dessa abordagem é a definição de seus limites espaciais. Nesse aspecto, Porter pode ser considerado bastante flexível, o que fica claro no trecho: “*The geographic scope of a cluster can range from a single city or state to a country or even a group of neighbouring countries.*” (Porter, 1990: 16, apud Hamdouch, 2008). Assim, não fica claro se as fronteiras de um *cluster* são organizacionais ou espaciais, tornando essa definição de *clusters* muito próxima de outras definições de arranjos multiorganizacionais, como redes. Outro problema da concepção de Porter é supor que as ligações entre as organizações são necessariamente informais. Hamdouch (2008) argumenta que os arranjos formais entre as organizações têm papel muitas vezes fundamental no sucesso da mobilização de ativos complementares, especialmente quando se trata de recursos financeiros e/ou quando a apropriação de direitos de propriedade intelectual é um fator importante.

Uma concepção de *clusters* alternativa à de Porter foi apresentada em dois estudos da *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD): *Boosting Innovation: The Cluster Approach*, de 1999, e *Innovative Clusters: Drivers of National Innovation Systems*, de 2001 (Hamdouch, 2008). De acordo com esses trabalhos, um *cluster* é uma rede de produtores fortemente interdependentes, centros de produção de conhecimento (incluindo universidades e institutos de pesquisa), instituições de ligação (como corretoras e consultorias) e clientes, todos conectados em uma cadeia produtiva de agregação de valor. Essa abordagem destaca o caráter “aberto” dos *clusters*, considerando-os arranjos que se formam em torno de fontes de conhecimento, formando-se em áreas especificamente localizadas, mas interagindo com outras fontes de conhecimento nos níveis regional, nacional e internacional, o que é facilitado pelas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs). As vantagens desses arranjos residem na capa-

cidade de atrair novas fontes de aprendizado, como investimentos de novas empresas, recursos financeiros de investidores como *venture capital*, recursos humanos qualificados e conhecimento mais ou menos formalizado. A crítica de Hamdouch (2008) a essa abordagem é a dificuldade de se trocar conhecimento tácito¹² em redes eletrônicas, uma vez que para os autores essas trocas requerem proximidade espacial e interação física, criando-se uma “identidade geográfica” que baseia relações de confiança.

2.4. Hélices triplas

O conceito de hélice tripla é um modelo de explicação do processo de inovação multiorganizacional apresentado em 1995 por Henry Etzkowitz e Loet Leydesdorf no artigo *The Triple Helix of University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development* (Leydesdorf e Etzkowitz, 1996). O modelo destaca o papel da universidade como o agente central do processo inovativo em economias intensivas em conhecimento, papel esse induzido por inovações institucionais criadas pelo governo que buscam aproximar a universidade das empresas (Etzkowitz e Leydesdorf, 2000).

Identificam-se, dessa maneira, as três hélices do modelo: universidades, empresas e governo. As relações entre as hélices podem tomar três formas (Etzkowitz e Leydesdorf, 2000): a hélice tripla I, caracterizada pelo controle do Governo sobre a universidade e empresas; a hélice tripla II, em que as instituições são nitidamente separadas e cujos relacionamentos são circunscritos a contatos eventuais (modelo liberal, contraposto à hélice 1); a hélice tripla III, representada pela justaposição das três esferas, o que significa que cada uma das esferas assume papéis tradicionalmente atribuídos às outras: por exemplo, a universidade capitaneando arranjos multiorganizacionais, o governo produzindo ou consumindo bens e as empresas gerando conhecimento científico e tecnológico de interesse. Resumidamente, o modelo da hélice tripla busca entender as relações entre esses três atores, que se combinam e recombina constantemente de forma adaptativa às condições de transferência de recursos humanos, financeiros e tecnológicos.

Para Dagnino (2003), o argumento da hélice tripla vem influenciando de forma contundente as políticas que visam aproximar universidades de empresas no Brasil (arranjos Universidade-Empresa – U-E). Contudo, para o autor, esse argumento “importado” dos países centrais pode ser inadequado para as condições vigentes na América Latina e no Brasil, onde a presença do Estado nos sistemas de C,T&I se faz sentir com maior intensidade. Dessa maneira, os arranjos baseados no argumento da hélice tripla

12 A esse respeito, ver o capítulo 3: “A Disseminação do Conhecimento no Apoio à Inovação e Sustentabilidade Organizacional: a Importância dos Portais Corporativos”.

[...] surgem no interior de uma mesma visão da conjuntura internacional e, também, de uma mesma matriz ideológica que privilegia o mercado como ente regulador principal da relação U-E [...] (Dagnino, 2003: 270).

Para Dagnino (2003), a inadequação desse modelo à realidade brasileira fica evidente nos seguintes problemas do sistema brasileiro de C, T&I: 1. baixo dispêndio em P&D das empresas privadas; 2. desinteresse das empresas pela realização local da P&D, majoritariamente focada na importação de máquinas e equipamentos; 3. desinteresse na contratação de mestres e doutores pelas empresas; 4. baixa oferta de recursos para cooperação universidade-empresa.

► 3. Ecossistemas Organizacionais

O conceito de ecossistemas organizacionais enquadra-se nos estudos de economistas de diversas escolas de pensamento que discutem as similaridades entre a evolução biológica, o desenvolvimento econômico e os processos de inovação (Corallo e Protopapa, 2007; Freeman, 1991).

Para Corallo e Protopapa (2007), a primeira utilização do termo “ecossistema de negócios” ocorreu em um artigo de James F. Moore, *Predators and Prey: A New Ecology of Competition*, publicado em 1993 na *Harvard Business Review*. Para Moore, uma firma não é apenas um membro de uma indústria específica, mas parte de um ecossistema de negócios que envolve diversas indústrias, onde as capacitações evoluem conjuntamente em torno de um conjunto de tecnologias produzidas pelas empresas e instituições que constituem esses ecossistemas.

Kay et al (1999) definem os ecossistemas organizacionais como sistemas complexos (não explicáveis por relações lineares de causalidade), chamados pelos autores de sistemas abertos auto-organizativos holárquicos (SOHO).¹³ Esses sistemas caracterizam-se pela permanente interação entre seus componentes, pelas hierarquias flexíveis e pela constante reconfiguração de um estado de organização para outro. Essa instabilidade requer e promove um aprendizado adaptativo constante, fundamental em ambientes de rápidas mudanças compostos por instituições heterogêneas, tais como os ecossistemas organizacionais inovativos.

O conceito de ecossistemas organizacionais SOHO considera que a ideia de gerentes como agentes oniscientes de coordenação (abordagem *top down*) pode ser negativa para a sustentabilidade de ecossistemas organizacionais, por criar uma inércia prejudicial ao aprendizado dinâmico e desconsiderar a necessidade de aprendizado

¹³ *Self-Organizing Holarthic Open Systems*, na sigla em inglês. O termo holárquico refere-se a uma característica de sistemas onde os componentes são, ao mesmo tempo, parte de um sistema e a totalidade do sistema, em contínua interação.

adaptativo, de monitoramento e de ajuste constante das estruturas de governança. Dessa maneira, o gerenciamento eficiente de ecossistemas organizacionais requer a identificação constante de mudanças no ambiente e nos recursos disponíveis, planejando intervenções que facilitem a auto-organização do sistema. Em função das características particulares de cada ator, essas intervenções devem levar em consideração as forças que dão coesão ao grupo, adotando-se assim um enfoque *bottom up*. Essas forças são denominadas pelos autores de atratores, que nada mais são que os objetivos e aspirações dos componentes de um ecossistema responsáveis pela sua manutenção em um determinado domínio de atividades. Assim, a criação ou manutenção de atratores é um instrumento para manter ou a mudar o estado de um ecossistema (por exemplo, atratores para estimular cientistas focados na produção acadêmica a dedicarem recursos e tempo para atividades empreendedoras).

Os ecossistemas organizacionais SOHO têm como característica inerente a incerteza sobre as motivações e o comportamento dos atores, o que resulta na impossibilidade de realizar um gerenciamento “antecipatório”, capaz de prever as consequências das decisões. A solução apresentada por Kay et al (1999) é utilizar esquemas de gerenciamento que considerem as possibilidades dos sistemas complexos, caracterizando os seguintes elementos: 1. Os atores e seus contextos; 2. as características hierárquicas do sistema; 3. os atratores que delimitam a “órbita” do sistema e como os atores reagem a esses atratores; 4. as entradas e saídas de informações e recursos que organizam o ecossistema em torno dos atratores, tanto em termos de atração como de repulsão.

Com esses conceitos em mente, os autores propõem um manual para o planejamento e gerenciamento de ecossistemas organizacionais, composto por etapas de ação divididas em sub-tarefas (Quadro 2, na próxima página).

A abordagem participatória dos ecossistemas organizacionais (Balloni et al, 2011) sugere seis características com a função de orientar o gerenciamento desses arranjos: 1. disseminação aberta e lateral de competências, estimulando-se seu compartilhamento; 2. liberdade para manifestar opiniões contrárias, em qualquer nível hierárquico; 3. interações físicas frequentes entre os componentes; 4. transformação de conhecimento tácito em conhecimento explícito; 5. mecanismos de suporte formais e informais para o ecossistema; 6. adaptações orientadas pela sustentabilidade ambiental, econômica e social para o planejamento de longo prazo, alinhado a metas nacionais através da valorização do conhecimento detido por indivíduos e organizações.

► 4. Conclusões e sugestões de estudos futuros

As características de complexidade, a diversidade de competências requeridas e os altos custos dos processos de inovação contemporâneos têm levado instituições públicas e privadas a adotarem a cooperação multiorganizacional como uma ferramenta para a viabilização do desenvolvimento de inovações. Tais arranjos, todavia, não

Quadro 2. Passo a passo para o planejamento/gestão de ecossistemas organizacionais SOHO

A. Caracterização do ecossistema
1. Definição da perspectiva de análise (econômica, gerencial, cultural) e do escopo (limites da descrição).
2. Definição dos processos que definem o ecossistema.
3. Definição dos atores e de suas relações verticais e horizontais.
B. Descrição do ecossistema como uma entidade auto-organizativa
1. Caracterização dos atratores associados aos estados organizacionais existentes.
2. Levantamento de tendências de desenvolvimento dos ecossistemas.
3. Avaliação da reação de membros dos ecossistemas a diferentes atratores.
4. Identificação das mudanças possíveis nos atratores.
5. Caracterização dos fluxos (entradas e saídas) de recursos e informações.
6. Identificação de relações sinérgicas e caracterização das trocas de recursos.
C. Avaliação da sustentabilidade do ecossistema em função de metas e objetivos propostos
1. Identificação de estados aceitáveis do ecossistema em função dos objetivos propostos.
2. Identificação dos processos econômicos, técnicos, políticos, etc. necessários para os objetivos propostos.
3. Identificação de atratores inaceitáveis, atratores desejáveis e <i>tradeoffs</i> envolvidos nas escolhas de atratores.
D. Manutenção da integridade (sustentabilidade) dos ecossistemas
1. Identificação de ações para mitigar ameaças à integridade dos ecossistemas.
2. Identificação de ações para promover atratores positivos.
3. Definição de ações de monitoramento do ecossistema visando detectar mudanças.
E. Ações para lidar com a complexidade dos ecossistemas
1. Elaboração de esquemas de gerenciamento antecipatório que permitam a adaptação a mudanças baseados no aprendizado organizacional.

Fonte: Adaptado de Kay *et al* (1999)

garantem a consecução de tais objetivos, devido a dificuldades de interação e alinhamento entre instituições heterogêneas.

Para Lall e Teubal (1998), o desenvolvimento de um conjunto de organizações de suporte ao desenvolvimento tecnológico é fundamental em países em desenvolvimento como o Brasil, onde as empresas inovadoras sofrem com a falta de instituições de suporte e mão de obra especializada:

Empresas de todos os lugares têm de desenvolver esforços para dominar ou adaptar tecnologias existentes, existindo um alto nível de conhecimento básico e capacitações na maioria das firmas de países industriais maduros, ou são facilmente adquiridos de outras firmas, mercados de trabalho, instituições de apoio e consultores. Isso faz o domínio tecnológico algo relativamente fácil e rotineiro. Em países em desenvolvimento, por outro lado, não apenas a base interna de conhecimento para dominar tecnologias relativamente fraca; a rede de suporte de outras empresas, instituições e capital humano

é também sub-desenvolvida. Isso torna até tarefas relativamente “fáceis” muito difíceis, custosas e de resultado imprevisível. (Lall e Teubal, 1998: 1371, tradução do autor)

Contudo, a constituição desses arranjos não é a garantia de sucesso, sejam eles organizados formalmente por instituições de suporte (por exemplo, Ministérios de governo, em um enfoque *top down*), nem se esses arranjos são mais espontâneos (enfoque *bottom up*), sendo uma combinação de ações mais ou menos institucionalizadas e formais:

Na verdade, os *clusters* de inovação não são nem uma quimera – no sentido de uma criação artificialmente gerada por meio de um Deus *ex machina*, que concretiza alguma vontade política ou estratégica – nem “milagres” surgindo de um caos determinista ou criados por forças misteriosas ou mesmo por puro acaso. De fato, os processos subjacentes aos fenômenos de aglomeração e formação de redes dentro e ao longo de campos inovativos frequentemente operam em formas híbridas, que combinam um conjunto de diversos mecanismos. Estes mecanismos variam de forma contínua, de dinâmicas descentralizadas e auto-organizativas para políticas mais coletivas e institucionalizadas (Hamdouch, 2008: 18-19, tradução do autor).

Os novos modelos teóricos de arranjos multiorganizacionais para a inovação representam grandes avanços em relação aos modelos ofertistas-lineares, buscando envolver um conjunto de instituições que vai muito além dos laboratórios dos cientistas e que em seu conjunto tornam viável a concretização de programas e projetos de inovação. A ampla aceitação desse modelo tem orientado as políticas científicas de diversos países, incluindo o Brasil, que recentemente vem adotando políticas de C,T&I alinhadas a essas novas abordagens teóricas.

Contudo, diversos problemas ainda persistem nessas abordagens, que aparecem mais claramente na execução de políticas de C,T&I. Em primeiro lugar, o enfoque de elaboração e implementação ainda é do tipo *top down*, e baseia-se na concepção de que existe uma burocracia dirigente, formuladora das políticas e programas, que conhece todos os processos e atores envolvidos no processo. Essa concepção leva às disparidades usuais entre formulação e implementação de políticas públicas (Presman e Wildavsky, 1984): resultados inesperados, captura por grupos de interesse, entre outros problemas que comprometem a sustentabilidade ambiental, econômica e social dos arranjos concebidos.

No caso dos arranjos concebidos na forma de redes técnico-econômicas, como conceituado por Callon, fica bem clara a ênfase das redes brasileiras no pólo científico (produção de conhecimento) e o pólo tecnológico (aplicação do conhecimento). Falta, contudo, a participação efetiva do pólo de mercado, compreendendo as empresas e os usuários que materializam a inovação. Nas redes brasileiras, a maioria dos

intermediários trocados entre os pólos (que mediam as interações dos atores) são documentos acadêmicos, palestras e cursos objetivados para a formação de recursos humanos e vinculados a eventos direcionados para a produção científica. Intermediários de mercado, necessários para concretizar a inovação, são muito raramente trocados em redes como os INCTs (Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia).¹⁴

Para que se promova a atividade inovativa é necessário que as empresas privadas assumam um papel de maior destaque nessa rede, como proposto por Castells (1996, apud Corallo e Protópapa, 2007). Mais ainda, é necessária a atuação coordenada de Governo, Instituições de Ensino e Pesquisa e Prestadoras de Serviços Tecnológicos, a fim de que as diversas organizações que compõem o ecossistema organizacional de diversas indústrias brasileiras adquiram uma convergência benéfica para a geração de inovações úteis para a sociedade como um todo. Seja na forma de uma Rede Horizontal de Inovação Induzida (Pellegirn et al, 2007) ou uma hélice tripla (Leydesdorf e Etzkowitz, 1996), é necessária uma maior interação entre os atores.

Por outro lado, as teorias consultadas nesse capítulo não permitem apenas apontar problemas. Permitem apontar caminhos de melhoria. A proposta de Pellegrin et al (2007) indica que é desejável a presença de um ou mais agentes indutores (“âncoras”) para estimular a cooperação entre os agentes, que assim atuariam de forma convergente (Callon, 1992) na geração de inovações. Nas palavras de Hekkert et al, (2007), trata-se de criar estímulos para os componentes (atores) dos sistemas setoriais de inovação brasileiros a cumprir as funções necessárias à completude do processo inovativo.

Na concepção de ecossistemas organizacionais, não se consideram as atividades de transferência de tecnologia uma relação unilateral, em que o conhecimento flui de Instituições de Ensino e Pesquisa para o setor produtivo. As redes são vistas como ecossistemas auto-organizados (Kay et al, 1999), cuja mudança de estado para uma situação desejável depende de processos de aprendizado coletivo, destacando-se o aprendizado organizacional contínuo de todos os componentes do ecossistema: gestores das redes, pesquisadores, empresas demandantes de tecnologias e instituições de governo.

As teorias apresentadas sugerem ações no sentido de aprimorar a interação e o alinhamento entre os diversos componentes atuantes nos arranjos multiorganizacionais. Essas sugestões alinham-se ao conceito de ecossistemas organizacionais (Kay et al, 1999), sistemas complexos formados de atores heterogêneos, nos quais as mudanças para um estado desejável prescindem de ações de coordenação. Contudo, o conceito de ecossistemas organizacionais vai além, ao caracterizar tais sistemas como sistemas auto-organizados, onde o aprendizado adaptativo de todos os envolvidos permite lidar com mudanças constantes, tanto dos componentes como do ambiente no qual o ecossistema está inserido. Tal aprendizado representa a mudança de um esquema

14 Um estudo que aponta esses problemas no INCT NAMITEC (Instituto Nacional de Tecnologia de Sistemas Micro e Nanoeletrônico) está em Azevedo, Bueno e Silveira (2011).

de gerenciamento “antecipatório” e centralizado para um esquema de gerenciamento “adaptativo” e com participação mais ampla nos processos de decisão (participatório).

Por fim, o desenvolvimento desse capítulo sugere alguns temas de pesquisa bastante interessantes para a compreensão das dinâmicas de formação e funcionamento de ecossistemas organizacionais complexos. Em termos de pesquisas teóricas, considera-se de grande interesse o aprofundamento do estudo dos temas aqui tratados, bem como a inclusão de novos conceitos (como Arranjos Produtivos Locais, alianças inter e intrafirmas, abordagens latino-americanas do problema, entre outros). Outro tema de interesse é estudar a relação entre as abordagens teóricas e modelos de C,T&I e a concepção e formulação de políticas públicas nessa área. Já em termos de pesquisas aplicadas, considera-se de grande interesse desenvolver metodologias de mapeamento de ecossistemas organizacionais para a inovação em indústrias e regiões brasileiras, visando subsidiar o desenvolvimento de empresas e organizações que, em seu conjunto, gerem inovações que garantam o desenvolvimento sustentável em nosso país.¹⁵

► 5. REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, A.M.M. *Análise top-down e bottom-up de um programa de inovação tecnológica na área de energia: o programa nacional de produção e uso de biodiesel (PNPB)*. Tese (Doutorado). Departamento de Política Científica e Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010. 331 p.
- AZEVEDO, A.M.M. BUENO, A.K. e SILVEIRA, M.A. *Interação e alinhamento de organizações para a inovação em ecossistemas organizacionais: o caso do Instituto Nacional de Tecnologia de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos*. In: *Anais do XIV Congresso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica*, 2011. (Aceito para publicação)
- BALLONI, A.J., RESENDE, J.P. and TARGOWSKI, A. *Brazil of the Future: Strategizing with the Socio-Technical Management Approach*. Accepted for publication in the proceedings of 8th Annual International Conference on Computer Science and Information Systems, to be held in Athens, Greece on 21-24 May 2012.
- BÖRZEL, T.A. *What's so special about Policy Networks? An Exploration of the Concept and its Usefulness in Studying European Governance*. *European Integration online Papers (EIoP)*, v. 1, n.16, 1997. Disponível: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.122.6885&rep=rep1&type=pdf>> Acesso em: 12/05/2011.
- CALLON, M. *The dynamic of techno-economic networks*. In: R. Coombs et al. *Technological Change and Company Strategies*, Academic Press, London, 1992, p. 72 – 102.
- . *Technological conceptions and adoption network: lessons for the CTA practitioner*. In:

15 Tanto os aspectos teóricos de arranjos multiorganizacionais e ecossistemas, como a sua aplicação prática em indústrias específicas, são abordados em dois projetos de pesquisa em andamento, executados pelo GAIA: “Ecossistema e Demandas de Mercado de Equipamentos Eletromédicos” e “Gestão do Ecossistema de Microeletrônica Nacional”.

- RIP, A.; MISA, T. J.; SCHOT, J. (eds) **Managing Technology in Society: The Approach of Constructive Technology Assessment**. Pinter Publishers: London, 1995. p. 307-330.
- CASSIOLATO, J.E. e LASTRES, H.M.M. *Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. São Paulo em Perspectiva*, 2005, v.19, n.1, pp. 34-45.
- COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. *Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation*. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, n. 1, 1990, p. 128-152.
- CORALLO, A. and PROTOPAPA, S. **Business networks and ecosystems: rethinking the biological metaphor**. In: Nachira et al (Eds.). **Digital Business Ecosystems**. Luxembourg: Office for official publications of the European Communities, 2007. Disponível: <http://www.digital-ecosystems.org/book/2006-4156_PROOF-DCS.pdf> Acesso em: 09/05/2011
- CORAZZA, R.I., FRACALANZA, P.S. *Caminhos do pensamento Neo-Schumpeteriano: para além das analogias biológicas*. **Nova Economia**, v.14, n.2, p. 127-155.
- DAGNINO, R. *A relação Pesquisa – Produção: em busca de um enfoque alternativo*. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación**, n.3, 2002. Disponível: <<http://www.oei.es/revistactsi/numero3/art01.htm>> Acesso em: 13/09/2011.
- DAGNINO, R. *A Relação Universidade-Empresa no Brasil e o “Argumento da Hélice Tripla”*, **Revista Brasileira de Inovação**, v.2, n.2, dez. 2003, p. 267-307.
- DE PELLEGRIN, I. et al. *Redes de inovação: construção e gestão da cooperação pró-inovação*. **Revista de Administração da USP** [online]. 2007, vol.42, n.3, p. 313-325. Disponível: <<http://www.revistasusp.sibi.usp.br/pdf/rausp/v42n3/v42n3a5.pdf>> Acesso em: 06/05/2011.
- DODGSON, M. *Technological Collaboration in Industry: Strategy Policy and Internationalization in Innovation*. London: Routledge, 1993, 195p.
- DOSI, G. *Technical Change and Industrial Transformation – the Theory and an Application to the Semiconductor Industry*. 1984, Londres: Macmillan.
- DUDZIAK, E.A. *Lei de Inovação e Pesquisa Acadêmica: o caso PEA*. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção). Universidade do Estado de São Paulo, São Paulo, 2007. 374 p.
- EDQUIST, C. *The systems of innovation approach and innovation policy: an account of the state of the art*. Draft presented at the DRUID Conference, Aalborg, 2001. Disponível: <<http://folk.uio.no/ivai/ESST/Outline%20V05/edquist02.pdf>> Acesso em: 11/05/2011.
- ETZKOWITZ, H.; WEBSTER, A.; GEBHARDT, C. TERRA, B.R.C *The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm*. **Research Policy**, v. 29, n.2, 2000, p. 313-330.
- ETZKOWITZ, H., and LEYDESDORFF, L. *The dynamics of innovation: from national systems and “mode 2” to a triple helix of university-industry-government relations*. **Research Policy**, v. 29, n.2, 2000, p.411-424.
- FAEMS, D.; VAN LOOY, B.; DEBACKERE, K. *The role of inter-organizational collaboration within innovation strategies: towards a portfolio approach*. Leuven: Department of applied economic sciences, 2003, 34 p.
- FARGENBERG, B.; VERSPAGEN, B. *Innovation studies: the emerging structure of a new scientific field*. **Research Policy**, v.38, n.2, 2009, p. 218-233.
- FERNANDES, A.M. *Estudos de ciência e tecnologia no Brasil: um balanço crítico*. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.13, n.1, 1996, p. 43-56.
- FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS (FINEP). *Chamada Pública MCT/FINEP – PAPP Subvenção – 02/2006*. Disponível: <http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/outras_

- chamadas/editais/PAPPE_SUBVEN%C3%87%C3%83O_vers%C3%A3o_final.pdf> Acesso em: 23/09/2011.
- FREEMAN, C. *Innovation, Changes of Techno-Economic Paradigm and Biological Analogies in Economics*, *Revue Economique*, vol. 42, no. 2, 1991, p. 211-232.
- GODIN, B. *The linear model of innovation: a historical construction of an analytical framework. Project on the history and sociology of S&T statistics*, Montreal, 2005, working paper n. 30. Disponível: <http://www.csiic.ca/pdf/godin_30.pdf> Acesso em: 14/09/2011.
- HAMDOUCH, A. et al. *The collective innovation process and the need for dynamic coordination: general presentation*. *Journal of Innovation Economics*, n.2, 2008, p. 3-13.
- HAMDOUCH, A. *Conceptualizing innovation clusters and networks*. *Research Network on Innovation Working Paper*, nO. 3, Paris, 2008, 31 p.
- HEKKERT, M.P. et al. *Functions of innovation systems: a new approach for analyzing technological change*. *Technological Forecasting and Social Change*, v.74, n.4, p.413-432, 2007.
- KAY, J.J et al. *An ecosystem approach for sustainability: addressing the challenge of complexity*. *Futures*, v. 31, n. 7, September 1999, p. 721-774.
- KLINE, S. J., ROSENBERG, N. (1986), *Innovation: An Overview*, in Landau, R., Rosenberg, N. (eds), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, National Academic Press, Washington D.C., pp. 275-307.
- LALL, S. & TEUBAL, M. "Market-stimulating" technology policies in developing countries: a framework with examples from East Asia. *World Development*, v.26, n.8, 1998, p.1369-1385
- LEYDESORFF, L. and ETZKOWITZ, H. Emergence of a triple helix of university-industry-government relations. *Science and Public Policy*, n.23, 1996, p. 279-86.
- LINS, H. N. *Cluster industrial: Uma experiência no Brasil Meridional*. *Revista de Economia*, v.27, n.25, 2001, p. 79-101.
- MARQUES, A. e ABRUNHOSA, A. *Do Modelo Linear de Inovação à Abordagem Sistêmica: Aspectos Teóricos e de Política Econômica*. *Discussion Paper nº 30*, CEUNEUROPE (Centro de Estudos da União Europeia), Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, 2005.
- MALERBA, F. *Sectoral systems of innovation and production*. *Research Policy*, v.31, n.2, p. 247-264, 2002.
- MELO, L.C.P. *Uma nova geração de políticas de ciência, tecnologia e inovação*. *Parcerias Estratégicas*, v.15, n.31, 2010, p.175-180.
- MOREIRA, M.L. e VELHO, L.M.S. *Pós-graduação no Brasil: da concepção "ofertista linear" para "novos modos de produção do conhecimento": implicações para avaliação*. *Avaliação*, v. 13, n. 3, p. 625-645, nov. 2008. Disponível: <<http://www.scielo.br/pdf/aval/v13n3/02.pdf>> Acesso em: 13/09/2011.
- MOREIRA, N.V.A.; ALMEIDA, F.A.S.; COTA, M.F.M. e SBRAGIA, R. *A inovação tecnológica no Brasil: os avanços no marco regulatório e a gestão dos fundos setoriais*. *Revista de Gestão da USP*, 2007, v.14, n.especial, p. 31-44.
- MOWERY, D. et al. *Ivory Tower and Industrial Innovation: University-Industry Technology Transfer Before and After the Bayh-Dole Act*. Palo Alto: Stanford Business Books, 2004, 242 p.
- MUNIER, F. *Firm size, technological intensity of sector and relational competencies to innovate: Evidence from French industrial innovating firms*. *Economics of Innovation and New Technology*, v.15, n.4, 2006, p.493-505.
- NACHIRA et al (Eds.). *Digital business ecosystems*. Luxembourg: Office for Official Publica-

- tions of the European Communities, 2007. Disponível: <http://www.digital-ecosystems.org/book/2006-4156_PROOF-DCS.pdf> Acesso em: 09/05/2011.
- NELSON, R. *Economic Development From the Perspective of Evolutionary Economic Theory. Working Papers in Technology Governance and Economic Dynamics* (The Other Canon Foundation/Tallinn University of Technology), n. 2, 2006. 17 p. Disponível: <<http://hum.ttu.ee/wp/paper2.pdf>> Acesso em: 14/09/2011.
- NOBLE, D.F. *America by Design*. Alfred A. Knopf, New York, 1977. 416 p.
- OECD. *The Measurement of Scientific and Technological Activities*. Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data. Oslo Manual. 2nd edition, DSTI, OECD / European Commission Eurostat, Paris 31 Dec 1995.
- PEREIRA, N.M. HASEGAWA, M. AZEVEDO, A.M.M. *Relatório de Aderência dos Fundos Setoriais*. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), Brasília, 2006. Disponível: <<http://www.cgее.org.br/atividades/redirect/3392>> Acesso em: 17/10/2011.
- PORTARIA MCT Nº 429, DE 17.07.2008. Disponível: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/73306.html>> Acesso em: 10/05/2011.
- PORTER M. E. *The Competitive Advantage of Nations*. New York, 1990, The Free Press.
- PRESSMAN, J. & WILDAVSKY, A. *Implementation: How Great Expectations in Washington are Dashed in Oakland*. University of California Press, 1984.
- QUADROS, R. *Aprendendo a inovar: padrões de gestão da inovação tecnológica em empresas brasileiras*. In: VIII Conferência Nacional da ANPEI, 2008, 30 p.
- RAPINI, M. S. *Interação universidade-empresa no Brasil: evidências do Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq*. Estudos Econômicos Cedeplar online. 2007, vol.37, n.1, p. 211-233. Disponível: <<http://www.scielo.br/pdf/ee/v37n1/08.pdf>> Acesso em: 06/05/2011.
- ROSENBERG, N. *Uncertainty and Technological Change*. In: Landau, R.; Taylor, T. & Wright, G. (orgs.). *The Mosaic of Economic Growth*. Stanford University Press, 1996. p.334-355.
- SAVIOTTI, P.P. *Innovation Systems and Evolutionary Theories*. In: Edquist, C. (ed.) *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, 1997 Pinter, London. p. 180-199.
- SAXENIAN, A. *Regional networks and the resurgence of Silicon Valley*. *California Management Review*, 1990; v.33, n.1, p. 89-112.
- SCHMITZ, H. e NADVI, K. *Clustering and Industrialization: Introduction*. *World Development*, v.27, n.9, 1999, p.1503- 1514.
- SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (SIGCTI) MCT (Página da internet). Disponível: <http://sigcti.mct.gov.br/fundos/rel/ctl/ctl.php?act=demanda.buscar_form> Acesso em: 12/05/2011.
- TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. *Managing innovation: integrating technological, market and organizational change*. London: Wiley, 2005. 582 p.
- VELHO, L.M.S. *O papel da formação de pesquisadores no sistema de inovação*. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 59, n. 4, out. 2007, p. 23-28
- VELHO, L.; VELHO, P. e SAENZ, T. W. *P&D nos setores público e privado no Brasil: complementares ou substitutos? Parcerias Estratégicas*, n.19, Dezembro de 2004, p. 87-129.
- ZAWISLAK, P. A. *Gestão da inovação tecnológica e competitividade industrial: uma proposta para o caso brasileiro*. *Organizações & Sociedade*, 1994, v. 2, n. 3, p. 35-66.

SEÇÃO II

GERAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA
EM ECOSSISTEMAS ORGANIZACIONAIS



CAPÍTULO 3

A disseminação do conhecimento no apoio à inovação e sustentabilidade organizacional: a importância dos portais corporativos

Nanci Gardim
Daniela Cartoni
Sérgio de Oliveira Caballero

► Introdução

A EFETIVA DISSEMINAÇÃO do conhecimento entre instituições e indivíduos envolve diversos mecanismos que são intensamente influenciados pelo processo de comunicação. Com o avanço e consolidação da WEB 2.0,¹ a comunicação mediada por computador tem se expandido e se fortalecido no ambiente organizacional. Nesse contexto, o uso crescente das práticas de Gestão do Conhecimento (GC) tem proporcionado às instituições o desenvolvimento de diferentes tipos de portais corporativos² e a aplicação de ferramentas que auxiliam nos processos de criação e com-

1 Diante dos princípios que norteiam a Web 2.0 apontados por O'Reilly (2005) destacam-se: utilizar a *web* como plataforma; mudança do usuário com o meio (o usuário deixa de ser meramente um leitor para interagir com o conteúdo e com outros usuários); geração de conteúdo, com base no conceito de conhecimento colaborativo; constante melhoria dos serviços disponíveis com atualizações e complementos, sem existir uma versão final do produto. Dentro deste contexto de web 2.0, é que estão situados os portais corporativos voltados para a gestão do conhecimento.

2 Vale aqui destacar a diferença entre “site” e “portal”. O *site* é qualquer uma das “páginas” vistas isoladamente, que constitui a internet. Tem função principal de organizar a informação, estruturando uma hierarquia para que todo o conteúdo seja entendido e acessado com facilidade. Já o *portal* funciona como centro aglomerador e distribuidor de tráfego para uma série de outros *sites* ou *subsites* (internamente) assim como subdomínios da empresa gestora (externamente). O portal é mais do que um “grande site”, é um “guarda-chuva” para diversos outros sites, que podem ser temáticos ou não (ex: Portal Inovação e

partilhamento de informações. Dentre os diferentes tipos de portais corporativos, os desenvolvidos com a finalidade de gerir conhecimento se destacam, assim como as ferramentas colaborativas que a eles são associadas.

Em linhas gerais, os portais corporativos centrados na gestão conhecimento são sistemas de software que, por meio de uma plataforma de acesso unificada, têm por finalidade prover de forma simples, rápida e integrada o acesso às informações, estruturadas e não estruturadas; internas e externas às instituições (Toledo, 2002). Permitem, ainda, a integração com sistemas aplicativos para suporte às comunidades de profissionais que compartilham dos mesmos interesses. Já, as ferramentas colaborativas ganham importância devido ao seu caráter dinâmico e de interdependência dos relacionamentos, que propiciam o compartilhamento de informações e a construção de conhecimentos essenciais para o desenvolvimento da inovação, reconhecimento entre os pares e estabelecimento de contato entre seus usuários.

Para uma visão mais abrangente, é importante entender que os capitais humano, técnico e/ou científico inclui, não apenas as capacitações obtidas na educação formal, geralmente englobadas em conceitos de capital humano tradicionais, mas também as habilidades, *know-how*, conhecimento tácito e conhecimento experimental incorporados pelos indivíduos (Bozeman, 2000). Nessa perspectiva, diferentes autores (Vasconcelos e Campos, 2010; Tomaél, Alcará e Di Chiara, 2005) afirmam que as redes sociais informais – seja ela formada por interações pessoais diretas ou mediadas por computador – são fontes importantes para a promoção da atividade inovativa. Tais redes mantêm canais e fluxos de informação no qual a confiabilidade e o respeito entre os agentes os aproximam e os levam ao compartilhamento do conhecimento. Conforme ressaltam Nonaka e Takeuchi (1997), as redes sociais criadas informalmente são importantes por permitir a circulação do conhecimento, que por sua vez precisa ser transformado, desenvolvido e trabalhado pelas organizações; caso contrário, ele será apenas um aglomerado isolado de informações sem relevância.

Partindo da hipótese de que as redes informais de comunicação atuam complementarmente às ações formais para promoção da inovação e transferência de tecnologia – tanto as desenvolvidas por ICTs (Institutos de Ciência e Tecnologia) quanto as desenvolvidas por empresas que investem em pesquisa e desenvolvimento –, e que os portais corporativos podem contribuir para o fortalecimento dessas redes de interação, este estudo tem como objetivo apontar quais são os principais conceitos que envolvem a temática sobre os portais corporativos e como estes podem auxiliar

Portal UOL). Além de concentrarem diferentes tipos de informações – artigos, imagens, sons e vídeos – oferecem diversos tipos serviços e acessos (com forte ênfase em “comunidades de prática”, como fóruns; e ferramentas colaborativas). Integram fontes heterogêneas de informação através de uma interface única com o usuário, isto é, em geral, o usuário tem acesso a todos os segmentos trabalhados por determinado portal logo na página inicial.

a disseminação do conhecimento no apoio à sustentabilidade organizacional.³ Para isso, na primeira parte deste apresentaremos os principais vínculos existentes entre as redes informais de comunicação e a inovação tecnológica, discorrendo sobre os principais aspectos que envolvem a disseminação do conhecimento e os diferentes tipos de portais corporativos. A segunda parte do texto trata dos portais corporativos como ferramenta para a inovação. Já na terceira e última seção desse trabalho, apresentaremos um exemplo prático sobre as primeiras etapas do desenvolvimento de um portal corporativo voltado para a “gestão do conhecimento”, o portal GAIA-CTI.

► 1. Inovação tecnológica e redes informais de comunicação

O papel do capital humano na transferência de tecnologia está se tornando mais amplamente reconhecido,⁴ permitindo um olhar diferenciado sobre as várias formas e meios pelos quais a “transferência de conhecimento” se desenvolve (Bozeman, 2000). Em geral, as redes sociais informais⁵ – como as que se formam espontaneamente nas relações cotidianas, mediadas ou não por Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) – são mais flexíveis e menos rígidas do que as redes organizacionais e interorganizacionais, construídas com algum grau de formalização. Nesse contexto, para a transferência de informações técnicas relevantes, os contatos pessoais se destacam – principalmente pela velocidade e sensação de confiabilidade em que a troca de conhecimento é executada – como sendo aqueles pelos quais a tecnologia é mais eficazmente transferida (Araújo, 1979).

As redes informais de comunicação afetam, mais incisivamente, a extensão com

3 O enfoque *Triple Bottom Line* (TBL) para sustentabilidade aplicada em organizações, de Elkington (1999) resgata os princípios subjacentes a uma gestão de excelência, na medida em que introduz a necessidade de pensar a organização de forma holística, equilibrada e responsável. Nessa perspectiva, Silveira (2011) enfatiza que a sustentabilidade organizacional pressupõe o equilíbrio no atendimento dos interesses e das necessidades de todos os *stakeholders* da organização: clientes, proprietários, fornecedores, funcionários e a sociedade como um todo. Segundo ele, uma gestão visando a sustentabilidade lida com múltiplas variáveis ligadas aos fatores tangíveis e intangíveis presentes nos sistemas organizacionais de interesse. Tais fatores são de natureza humana, tecnológica e organizacional e requerem uma gestão integrada, capaz de articular um conjunto de recursos e competências (internas e externas) em diferentes domínios de conhecimento

4 Araújo e Freire (1996) destacam que os redes e canais de comunicação formais, em especial periódicos, monografias e bases de dados, sempre os canais preferenciais para a construção do conhecimento científico e tecnológico. Para as atividades de ciência e tecnologia, os poucos canais informais considerados eram aqueles representados por eventos como congressos e seminários.

5 A rede *social formal* é uma série de ligações ou laços prescritos entre posições sociais formais ou padronizadas, em geral, para a comunidade científica elas se estabelecem por meio da publicação de monografias e periódicos. Em contraposição, as *estruturas sociais informais* não são explicitadas ou prescritas pelas organizações e baseiam-se em interações que dependem dos atributos pessoais dos participantes, que fazem escolhas voluntárias.

que o indivíduo aprende e internaliza as regras que envolvem o contexto social e organizacional. Os trabalhos que analisam as redes informais intraorganizacionais – tais como os de Cross e Prusak (2002) e Silva (2003) – têm em comum a visão de que as redes informais são ferramentas invisíveis e poderosas para os gestores da inovação. Nessa perspectiva, entende-se que o conhecimento é inerente às pessoas, mas sua transmissão decorre da aplicação de mecanismos para compartilhamento;⁶ aqui é possível destacar o papel das ferramentas colaborativas e portais corporativos que dão suporte à Gestão do Conhecimento.

O que é de fato novo é a maneira como as redes e/ou relações informais estão sendo estabelecidas, ou seja, quais “padrões de comunicação” são utilizados. Os canais e/ou redes sociais informais, inclusive as mediadas por computador, mostram-se muito eficientes na perspectiva da interação entre a fonte e os usuários da informação. Possibilitam, por exemplo, os pesquisadores descobrirem mais rapidamente se estão tratando dos mesmos problemas e se os assuntos abordados são de interesse mútuo – permitem aos pesquisadores também, uma especulação mais livre sobre a pesquisa que estão realizando, os caminhos mais produtivos e seus respectivos sucessos e fracassos (Garvey e Griffith, 1967).

Ao planejar as atividades inovativas é importante que as instituições fiquem atentas às características dos usuários da informação,⁷ especialmente a transmitida por meios informais. As diferenças entre os perfis de profissionais – por exemplo, se o profissional exerce cargo gerencial ou é um cientista cujas atividades são exclusivamente voltadas para o ambiente laboratorial –, em geral, têm implicações diferenciadas para os interessados na troca de informações. O fator mais relevante quando se observa a comunicação tecno-científica veiculada pelos canais e/ou redes sociais informais é

6 Para Silveira (2006), a difusão e a assimilação do conhecimento em qualquer área da ciência supõem a disponibilidade de informações e a necessidade de organizá-las para, então, poder se apropriar das mesmas. Conforme destaca, a geração, disseminação, codificação, compartilhamento e uso do conhecimento não são algo trivial e fácil de ser implementado na medida em que envolve múltiplos atores e diversos aspectos ligados à subjetividade do indivíduo. “*Compartilhar conhecimento, sobretudo se for tácito, ao mesmo tempo em que se constitui como etapa crítica para a criação do conhecimento individual e organizacional, também envolve uma série de dificuldades inerentes, considerando que tal processo é altamente dependente da interação entre pessoas e requer confiança para ser implementado*”.

7 Entendendo que o processamento das informações é a essência da atividade científica e tecnológica, Araújo (1979) classifica os usuários da informação em dois grupos: “os cientistas” e “os tecnólogos/engenheiros”. O principal objetivo dos cientistas é obter a “validação de suas ideias através do reconhecimento de sua competência”, utilizando a publicação de trabalhos científicos, que é um canal formal. No entanto, através dos canais informais, os cientistas discutem seus trabalhos, adquirindo soluções e divulgando suas pesquisas. Já, o objetivo do tecnólogo é solucionar problemas da instituição a que pertencem. Os tecnólogos precisam de acesso a informação para entender e formular os problemas técnicos, e acessar informações de fontes externas ou internas para desenvolver soluções. As relações informais, principalmente as de “troca de experiências”, são muito importantes para a coleta dos dados e informações úteis, tanto para os cientistas como para os tecnólogos.

“o tempo de disseminação da informação”, que na maioria das vezes se inicia antes mesmo do início do projeto (Araújo, 1979 e Araújo e Freire 1996). A velocidade na disseminação de informações para Araújo e Freire (1996), torna os canais informais de grande relevância para agregar valor à informação, sendo úteis para a tomada de decisão e para a criação de estratégias que utilizam informações ainda não publicadas.

Com a disseminação das TICs, a velocidade para a troca de informações (formais e informais) aumentou vertiginosamente; assim, as relações informais disseminam o conhecimento, em grande parte das vezes, de forma mais rápida que as redes formais.⁸ Diante disso, o advento da internet permite novas formas para a interação entre indivíduos, possibilitando a construção de redes de relacionamento com características próprias. A internet, sendo uma “rede de redes” com serviços de correio eletrônico, comunidades de práticas (como fóruns, wikis, blogs e redes sociais), facilita a interação entre pesquisadores e profissionais de diversas áreas.

No âmbito organizacional, um problema comum para o gerenciamento da inovação é como organizar melhor as áreas e laboratórios de P&D (pesquisa e desenvolvimento). Martins (et al, 2009) enfatizam que as redes sociais constituem o elemento-chave para transformar os recursos individuais em recursos organizacionais.. Nessa conjuntura, embora os canais e fontes informais se encontrem desestruturados e desorganizados no ambiente *on line*, Rizova (2006) e Vital (2006) entendem que esses canais informais eletrônicos são fontes importantes de informação, para empresas intensivas em tecnologia, nas quais o conhecimento de suas equipes é um dos principais ativos. Desse modo, viabilizar canais que apoiem a troca e o compartilhamento de informações técnico-científicas, também informalmente, tornou-se vital para o estabelecimento do diferencial competitivo no mercado (Vital, 2006).

A gestão do conhecimento⁹ que pode ser apropriada pelas organizações é facilitada através da sua associação com as ferramentas de TI, que permitem a sistematização e disseminação de conhecimento, tornando-o explícito e em um formato que motive seu compartilhamento pelos membros da organização. Há várias tecnologias que podem ser empregadas para este fim: *intranets*, *groupware*, *document management systems*, *datawarehouses*, videoconferências, *electronic bulletin boards*, portais corporativos, etc.

Contudo, a mera instalação de sistemas informatizados não garante a circulação eficiente do conhecimento. Para a promoção do trabalho colaborativo, Bukowitz e Willians (2002) apontam que a decodificação do conhecimento tácito – que nada mais é que sua transformação e disseminação como conhecimento explícito – é um processo complexo que envolve esforços que vão além da simples disponibilização de tecnolo-

8 A internet assume tanto características de fonte informal quanto formal, pois também traz conteúdos organizados e estruturados – como são as bases de dados e documentos publicados, que estão disponíveis através de serviços de compartilhamento ou transferência de arquivos (Araújo e Freire, 1996; e Vital, 2006)

9 Segundo Davenport & Prusak (1999), a Gestão do Conhecimento pode ser considerada uma iniciativa formal e estruturada para melhorar a criação, distribuição ou uso do conhecimento em uma organização. É um processo formal de transformação do conhecimento organizacional em valor para a empresa.

gia. A conquista de resultados efetivos que fornecem suporte à sustentabilidade organizacional implica em mudanças amplas no estilo de gerenciamento, com programas integrados de desenvolvimento de competências (individuais e organizacionais), que são implantados concomitantemente à introdução de sistemas para gerenciamento da informação como softwares, banco de dados, intranet e portais.

► 2. O uso de portais para disseminação do conhecimento: os portais corporativos

Os portais, como ferramenta da Gestão do Conhecimento permitem a uma organização gerenciar seus ativos intangíveis e transformá-los em fontes de valor e resultados, por meio da geração de inovações. Como destacou Sveiby (2002), o conhecimento só é útil se for associado à ação e não pode ser separado de seu contexto. Isto implica em um processo estruturado para derivar valor do conhecimento, a partir da identificação e do gerenciamento dos seus fluxos dentro da organização.

A fim de evitar uma visão reducionista, Stewart (1998) alerta sobre a cautela que se deve ter à excessiva ênfase no uso de tecnologias de informação para administrar os recursos intangíveis, o que tem sido encontrados em algumas abordagens e iniciativas de gestão do conhecimento, sendo o exemplo mais comum a construção de sistemas gerenciais como banco de dados, ferramentas de comunicação e tecnologias de sistemas de informação. Sem excluir a importância destes recursos, os autores destacam que a tendência tem sido a ampliação do conceito, com maior enfoque na criação e compartilhamento de recursos do conhecimento de forma integrada com a cultura organizacional e a motivação dos “trabalhadores do conhecimento”.

Nessa perspectiva, os portais corporativos podem ser aplicados a duas situações que auxiliam a sustentabilidade organizacional:

▪ Organização das informações

Permite gerenciar o conhecimento explícito, pois muitas organizações sofrem com o excesso de informação ou desorganização dos seus dados, gerados abundantemente com os avanços tecnológicos. Para lidar com o caos informacional, os portais podem funcionar no compartilhamento de dados organizados, facilitando o acesso e uso da informação.

▪ Intercâmbio de conhecimento

O conhecimento, além dos bancos de dados e estratégias organizacionais, está em cada indivíduo no formato tácito. Para que esse conhecimento seja socializado, é de grande importância o aspecto colaborativo que os portais assumem no processo de compartilhamento do conhecimento, conforme proposto por Nonaka e Takeuchi (2006), na chamada Espiral do Conhecimento (ver Figura 1). Também conhecida como Modelo SECI, a espiral do conhecimento ilustra o processo de transferência de conhecimento tácito individual para conhecimento tácito organizacional,

Fonte: Adaptado de Nonaka e Takeuchi, 2006

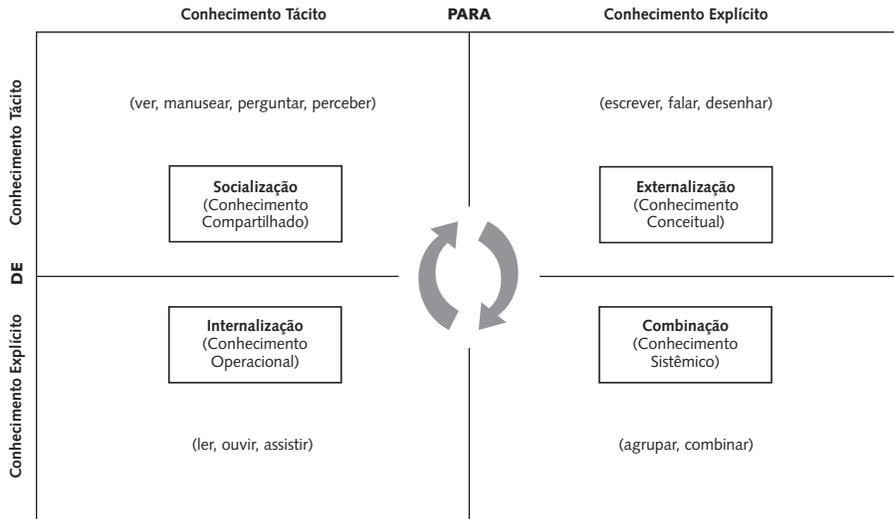


Figura 1: Socialização do Conhecimento

onde o conhecimento circula na organização a partir das seguintes fases: Socialização, Externalização, Combinação e Internalização. Neste processo, temos que a socialização gera conhecimento compartilhado, a externalização transforma-o em conhecimento conceitual, a combinação dá origem ao conhecimento sistêmico e a internalização é momento em que se produz conhecimento operacional.

O conceito de espiral deriva do movimento associado à criação e transformação do conhecimento, que é resultado de uma interação contínua e dinâmica entre conhecimento tácito e explícito, do âmbito individual para o organizacional, inclusive ultrapassando esta e alcançando outras organizações em redes de cooperação e inovações.

É neste sentido que a empresa busca sua sustentabilidade, ao atuar como entidade sintetizadora e criadora de conhecimentos novos. No entanto, a dimensão humana, no âmbito *social e relacional*, é fundamental, pois é por meio dela que se desenvolve o que os autores denominam *Ba* (Nonaka e Takeuchi, 1996). *Ba* é um ideograma kanji que representam um conceito com forte marca da cultura japonesa e pode ser de difícil compreensão para os ocidentais. Aplicado à Gestão do Conhecimento, está relacionado a um contexto organizacional que favorece a criação do conhecimento, como um espaço compartilhado em movimento, que pode ser traduzido como “comunidade de conhecimento”.

Esse contexto favorece “as situações relacionais que energizam as pessoas tornando-as criativas, dentro de uma interação positiva e dinâmica” (Nonaka e Takeuchi, 2006,

p 94). Pode ser físico (como um escritório ou outros locais de trabalho), mental (experiências compartilhadas, ideias ou ideais), virtual (uso de recursos tecnológicos como grupo de discussão na Internet e ferramentas colaborativas) ou a combinação deles, sendo o aspecto mais importante a condição de favorecer a circulação de ideias para criação do conhecimento. Portanto, os portais podem ser utilizados como um ambiente *ba* virtual, já que sua utilização de portais tem aumentado exponencialmente, em função das mudanças trazidas pela consolidação da sociedade informacional.

Os avanços tecnológicos vivenciados nas últimas décadas tem alterado o comportamento das organizações, que buscam novas formas de organização do trabalho, de estrutura e de comunicação, uma vez que características como localização geográfica, acesso à mão-de-obra de baixo custo, a recursos naturais e ao capital financeiro, não se configuram mais como garantia de vantagem competitiva (Davenport e Prusak, 1999).

Uma alternativa utilizada para integração foram os portais corporativos, que apresentam variações na forma de aplicação e interesses associados, mas se consolidam como uma forma importante de disseminação do conhecimento. Esta tecnologia tem se destacado como alternativa de suporte aos processos de formação de novas empresas (Terra, 2005).

Os Portais Corporativos constituem-se em um conjunto de aplicativos de software capazes de prover aos usuários, em um único ponto de acesso, acesso rápido e personalizado às informações da organização. Esse tipo de portal se originou da evolução dos Portais Web Públicos, tais como *My Yahoo!*, *Lycos*, *UOL* e *AOL* (TERRA & GORDON, 2002). A grande popularidade dos portais deveu-se ao sucesso obtido pelo *Yahoo!* com o lançamento, em 1996, de um serviço de portal personalizado chamado *MyYahoo!* que permitiu aos usuários configurarem suas próprias interfaces Web, definindo as informações que eram pertinentes e significantes para eles.

Segundo Amaral (2009), o sucesso dos portais públicos da internet despertou a atenção das organizações, que logo vislumbraram os benefícios do uso desta tecnologia para organizar e disponibilizar informações no ambiente empresarial. Inicialmente, os Portais Corporativos continham apenas vínculos referenciais às informações da empresa e mecanismos simples de busca. Esta arquitetura rapidamente evoluiu para portais mais interativos que, além de proporcionarem acesso a todas as informações da organização, integram ferramentas de colaboração que permitem que seus usuários trabalhem em conjunto.

As primeiras versões dos portais corporativos, que continham vínculos referenciais às informações da empresa e mecanismos de busca, rapidamente evoluíram para portais mais complexos que embutem aplicações para aumentar a produtividade individual e do grupo. O desenvolvimento da função integradora com possibilidade de acesso fácil integrou conteúdos e ampliou a associação com ferramentas colaborativas, que podem contribuir para a transferência do conhecimento tácito da organização, inclusive em diferentes idiomas, culturas e zonas com diferenças de fuso horário (Scott, 1998).

2.1. Tipos de Portais Corporativos

Há diferentes tipos de portais corporativos, dentre os quais Firestone (1999) distingue quatro principais:

- Portais de informações empresariais;
- Portais colaborativos, que habilitam as equipes de trabalho a estabelecerem áreas para a execução de projetos virtuais ou comunidades de discussão através de ferramentas de colaboração;
- Portais de especialistas, que conectam pessoas com base em suas experiências, interesses e informações que precisam;
- Portais do conhecimento, que combinam todas as características dos anteriores para prover conteúdo personalizado com base no perfil de cada usuário.

Os portais de informações empresariais podem se apresentar apenas como um canal de acesso integrado a todas as variedades de conteúdo, o que pode demandar o suporte dos portais de especialistas e os portais do conhecimento, pois pretendem prover apoio às várias atividades dos usuários.

Segundo Reynolds e Koulopoulos (1999), alguns aspectos merecem destaque na construção e utilização de portais, em função de seus objetivos. Os portais voltados ao suporte à decisão e ao acesso a dados estruturados nas suas aplicações dão maior ênfase à concepção do portal como de suporte a tarefas, fluxo de dados, colaboração implícita e criação e integração de conhecimento. Para os autores, o portal é um sistema de informações centrado no usuário, integrando e divulgando conhecimentos e experiências de indivíduos e equipes, atendendo, assim, às necessidades atuais de organizações baseadas no conhecimento.

Uma forma de classificar os portais se refere ao contexto de utilização, público ou corporativo. Os portais públicos têm uma relação unidirecional com os usuários. Em geral, o principal propósito é atrair grande número de visitantes para construir audiências *on line*, onde se discutem tendências de assuntos de interesse. Já os portais corporativos têm como principal propósito expor e disponibilizar informações específicas de negócios para auxiliar os usuários de sistemas informatizados a serem mais competitivos.¹⁰

Os diferentes tipos de portais corporativos trazem um conjunto de ferramentas, funcionalidades e componentes novos para o enfrentamento dos diversos problemas das organizações que, sob a perspectiva da gestão do conhecimento, tem como fun-

¹⁰ Segundo Reynolds e Koulopoulos (1999), o portal corporativo tem evoluído de forma a integrar o conhecimento explícito contido em arquivos e bases de dados com o conhecimento tácito, como resultados de projetos e elementos heurísticos das decisões na organização, desenvolvimento como ferramenta instrucional, dentre outros.

Fonte: Adaptado de Terra e Gordon (2002)

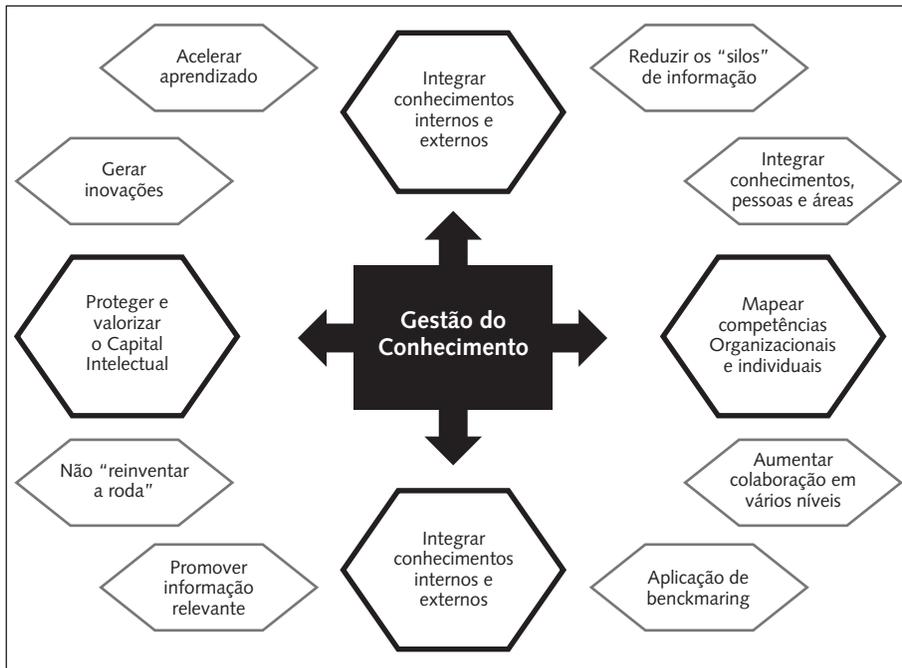


Figura 2: Possibilidades da Gestão do Conhecimento para a Sustentabilidade Organizacional

ção principal a criação de um ambiente de troca. A incorporação técnica da “memória organizacional” pode se constituir numa rede complexa de conhecimento, que inclui as habilidades e experiências das pessoas, o capital intelectual e recursos de informação de uma organização. Esta memória faz parte de um processo de socialização e age como um vasto recurso potencial que os usuários podem utilizar para tomada de decisão e resolução de problemas.

Para a manutenção da sustentabilidade organizacional, a capacitação é respaldada pela acumulação, gestão e utilização do conhecimento para obter vantagem competitiva por meio dos portais. As possibilidades incluem, ainda, a formação de uma rede de cooperação, que pode ser alcançada pela aquisição de conhecimento de fontes externas, reforçando a acumulação interna de conhecimento organizacional (ver Figura 2). Esta integração aprimora os principais processos de gestão e reconfigura as formas de acumulação de conhecimento de acordo com as mudanças do ambiente de negócios (Terra e Gordon, 2002).

É neste sentido que os portais dão suporte ao processo de aprendizagem nas organizações e emergem como importante ferramenta para catalisar a inovação e promover melhor uso do conhecimento. A definição de uma clara e apropriada estratégia de gestão do conhecimento apoiada por uma tecnologia da informação bem estruturada,

com as ferramentas adequadas, é a chave para prover os fundamentos para a inovação e compartilhamento do conhecimento prevalecerem por toda organização (Senge, 2004).

Ao permitir que os usuários colaborem entre si, os portais têm sido considerados um dos principais instrumentos de infra-estrutura tecnológica na Gestão do Conhecimento.

Segundo Toledo (2002), os princípios da espiral do conhecimento (Nonaka e Takeuchi, 2006) podem ser aplicados aos portais, como uma ferramenta que permite à empresa o gerenciamento das diferentes fases da criação, circulação e transformação do conhecimento. Para a autora, atualmente os portais buscam integrar diferentes ferramentas colaborativas para o processo de *socialização* do conhecimento, como a interação de times de trabalho das organizações, e o compartilhamento de informações por meio de modelos mentais, habilidades técnicas e experiências. Pode ser realizado por meio de mecanismos de interação (videoconferências, chats, fóruns) e aplicação de recursos multimídia e de observação visual (animações, gráficos, áudio, clipes de vídeo e simuladores virtuais de realidade), que podem mostrar procedimentos organizacionais que são difíceis de explicar verbalmente.

A *externalização*, conversão do conhecimento tácito (subjetivo) baseado em experiência para conhecimento explícito (objetivo) é um dos grandes desafios porque, pela sua própria natureza, o conhecimento tácito é difícil de articular, comunicar, formalizar e codificar. De acordo com Nonaka e Takeuchi (2006), a conversão de conhecimento tácito em explícito envolve a formação de um modelo mental compartilhado e articulado por diálogo. Nos portais, isto pode ocorrer com a aplicação de sistemas de colaboração, *groupware*, aplicações de *brainstorming* especializadas, grupos de discussão, fóruns e bancos de boas práticas (lições aprendidas) que podem facilitar o diálogo e a interação. Ferramentas gráficas podem ajudar com as metáforas de uso, como aplicação de *hiperlinks* para relacionar conceitos e organizar repositórios de conhecimento, podem melhorar o acesso e facilitar o processo cognitivo (Scott, 1998).

No processo de criação de conhecimento organizacional, a *combinação* é a etapa em que o conhecimento individual explícito é convertido em conhecimento explícito para o grupo e para a organização. O conhecimento explícito pode ser compartilhado, por exemplo, em reuniões através do uso de relatórios, documentos ou por meio de programas de educação corporativa.

Já no processo de *internalização*, onde ocorre a transferência de conhecimento explícito em tácito, as interações podem ocorrer por um processo de tentativa e erro, ou seja, pela experimentação na busca de recuperação de informações para tomada de decisão nas organizações, o que facilita a compreensão e o uso das mesmas. O portal corporativo torna-se uma ferramenta valiosa nesse processo, através dos componentes de busca, categorização e personalização, associados a aplicações de apoio a decisão ou simulações de cenários.

A gestão do conhecimento, apoiada no princípio da disponibilização de conhecimento crítico quando necessário, dando suporte à sua criação e disseminação, é um importante instrumento para a sustentabilidade organizacional e o processo de

inovação. A utilização dos portais corporativos (com banco de boas práticas, uso de repositório central de informação, localização de especialistas e gestão eletrônica de documentos) pode auxiliar as empresas a aumentar a memória organizacional, diminuir o tempo gasto na busca de informações e obter maior eficiência e redução de custos (Scott, 1998).

É neste sentido, portanto, que os portais auxiliados pela tecnologia da informação, na organização, pesquisa e administra o compartilhamento das coleções de conhecimento existentes na organização.

► 3. O Portal GAIA-CTI

A necessidade de disseminar e aplicar o conhecimento produzido pelo grupo motivou o GAIA (Grupo de Apoio a Inovação e Aprendizagem em Sistemas Organizacionais)¹¹ a criar um portal corporativo capaz de integrar não apenas dados, mas também os diferentes atores responsáveis pela inovação no país, a saber: instituições de ensino/pesquisa (públicas e privadas), empresas, governo e agentes multiplicadores diversos (como professores universitários e gestores empreendedores). Dentre os diferentes tipos de portais corporativos mencionados anteriormente, a proposta do GAIA visa atingir o patamar que Firestone (1999) e Dias (2001) chamam de “Portal do Conhecimento”. Entendendo que é uma meta audaciosa, essa proposta está sendo desenvolvida tendo como base o “gradualismo” e o “aprendizado constante”, tanto da equipe idealizadora quanto executora do projeto. Diante desses princípios, relataremos a seguir algumas de nossas experiências vivenciadas durante a criação do portal GAIA-CTI.

3.1. Planejamento do projeto

O primeiro passo no sentido de planejar a estrutura do portal foi a criação de um “projeto conceitual”. Os objetivos principais considerados, desde o início, para o portal GAIA-CTI são:

- Facilitar a disseminação de conhecimentos produzidos pelo GAIA e seus parceiros para todos os interessados nos temas “inovação” e “aprendizagem organizacional”;
- Ser uma ferramenta para a construção de novos conhecimentos de forma colaborativa com a contribuição dos membros do grupo e seus parceiros;

¹¹ O GAIA (Grupo de Apoio à Inovação e Aprendizagem em Sistemas Organizacionais) é um grupo multidisciplinar de pesquisas aplicadas, que integra geração de conhecimento com resultados práticos. Tem como foco a aprendizagem organizacional que dá sustentabilidade à inovação e ao desenvolvimento socioeconômico de empresas. Com base no CTI (Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer) – órgão do “Ministério da Ciência e Tecnologia”, localizado em Campinas-SP –, o GAIA é aberto à participação de instituições e profissionais de diferentes áreas.

- Facilitar a realização de articulações interinstitucionais necessárias para o desenvolvimento de projetos diversos na área da inovação;
- Apoiar o desenvolvimento de uma Rede de Cooperação Tecnológica e Aprendizagem por meio de ferramentas para interação entre os atores interessados – pesquisadores e empresas –; dentre elas o desenvolvimento de um “Balcão Virtual de Soluções Tecnológicas”;¹²
- Facilitar a gestão das atividades do grupo;

Para compor o “projeto conceitual” foi realizado um trabalho de *benchmarking*¹³ sobre os tipos de ferramentas colaborativas existentes e quais poderiam (e ou deveriam) integrar o projeto do portal.

Cada tipo de ferramenta e/ou funcionalidade implementada no portal deveria atender às características de um determinado “público-alvo”. Foi necessário promover a interação de “atores diversos”, que por essência têm necessidades e interesses distintos, isto é, tem características muito diferentes.

Por meio do trabalho de *benchmarking* realizado pela equipe em diferentes ambientes *on line* institucionais, foram definidas cerca de 30 funcionalidades para o portal. Uma atenção especial foi dada para as ferramentas com potencial de interação – como, por exemplo, as comunidades de prática (fóruns e wikis) –, e para as que permitiam a integração de mídias diversas – apresentações, vídeos, etc. Com o levantamento dessas funcionalidades iniciais em mãos, era preciso calcular o custo do desenvolvimento.

3.2. Orçamento e definição de prioridades

A proposta para a criação do portal GAIA-CTI foi desenvolvida no âmbito de um projeto aprovado junto ao CNPq para a disseminação de conhecimentos voltados à promoção da inovação no país; cujo ponto central era a ampliação da divulgação dos conhe-

12 Espera-se que a ferramenta seja um canal facilitador da interação entre pesquisadores, instituições e centros de pesquisa com as empresas demandantes de tecnologia. Entendemos que há um esforço isolado das instituições intensivas em P&D em comunicar suas invenções, a fim de atingir possíveis interessados para a transferência da tecnologia e garantir a inserção (e/ou continuidade) de seu esforço no processo de inovação. A expectativa é que se torne um diferencial para mobilização dos atores e seus diferentes interesses, ou seja, um espaço para que os profissionais divulguem as tecnologias desenvolvidas e as intenções de parcerias. Este cadastro deve ser alimentado pelos próprios interessados – com diferentes níveis de usuários e permissões – a partir de critérios definidos pelo Gaia (como cada um dos itens descritivos da tecnologia, por exemplo, descrição-resumo de 5 linhas, área de aplicação, link para patente original, inventor, status da patente, palavras-chave, etc).

13 No segmento industrial, a técnica de *Benchmarking* é entendida como a busca das melhores práticas, que podem conduzir determinada organização a um desempenho superior. Em geral, é percebido como um processo positivo e pró-ativo por meio do qual uma instituição verifica como as demais realizam determinada atividade/função, visando implementar melhorias internas, principalmente na execução da mesma atividade/função ou em atividade/função semelhante.

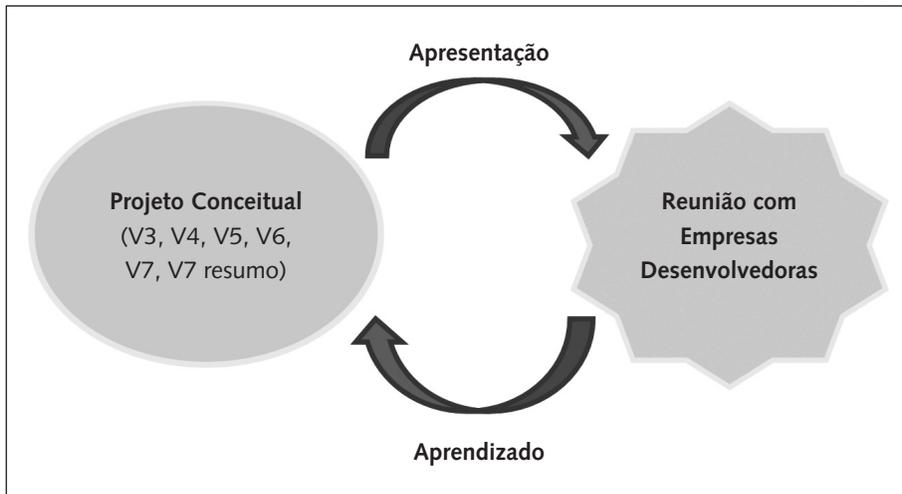


Figura 3: Ciclo de aprendizado para o desenvolvimento das funcionalidades para o Portal GAIA-CTI

cimentos gerados nas “Manhãs da Inovação”.¹⁴ Entendendo que essa poderia ser também, uma oportunidade e/ou um incentivo para o desenvolvimento e implantação de um portal de apoio a inovação voltado para a mobilização de atores diversos, pensou-se na construção de um ambiente *web* com escalabilidade – que pudesse “crescer” com o tempo –, possibilitando a união de outras ferramentas e/ou funções que pudessem ser detectadas. Buscou-se, então, privilegiar a utilização de softwares livres.

Nesse contexto, oito empresas desenvolvedoras de portais foram contatadas. O “projeto conceitual” foi distribuído e reuniões posteriores ocorreram para conhecimento do orçamento e esclarecimentos de dúvidas. Os orçamentos apresentados pelas empresas desenvolvedoras tiveram grande variação e reuniões para esclarecimento foram necessárias. As reuniões com a presença das equipes técnicas (das empresas e do GAIA) possibilitaram o entendimento do custo real para o desenvolvimento e/ou customização de cada ferramenta. Com o alinhamento dos entendimentos técnicos veio a necessidade de ajustar os orçamentos recebidos das empresas ao orçamento do projeto. Assim, avaliaram-se criticamente todas as funcionalidades solicitadas e quais atenderiam aos objetivos com o melhor “custo-benefício”.

Como resultado das reuniões com as empresas ocorreu o refinamento dos concei-

¹⁴ As “Manhãs da Inovação” são eventos mensais e gratuitos organizados pelo GAIA-CTI – apoiado pelo CNPq – com a presença de diferentes atores sociais diretamente envolvidos com a temática da inovação. Com forte ênfase no Capital Humano, têm por eixo central a apresentação e discussão de estudos de caso (*cases*) brasileiros, bem como estudos fundamentados em exemplos práticos.

tos sobre o sistema que seria implantado e adequação das funcionalidades, gerando novas versões para o “projeto conceitual”, como indicado na Figura 3.

Com o refinamento do projeto conceitual para o portal GAIA-CTI, as funcionalidades foram divididas em dois espaços de atuação: A) Espaço de comunicação e interação, no qual se enquadram os espaços de comunicação unidirecional (*constituídos por páginas simples para postagem de conteúdo*) e as funcionalidades que permitem a interação entre os agentes (*formadas por comunidades de prática, principalmente fóruns*); B) Espaço de gestão interna dos projetos do grupo e do portal. Na versão final do projeto conceitual enviado às empresas, as funcionalidades foram sintetizadas conforme apresenta o Quadro 1.

Com a implantação de boa parte das funcionalidades descritas no “Espaço de Atuação A”, o portal já possibilita o acesso aos vídeos e apresentações dos eventos “Manhãs da Inovação” e demais reuniões e seminários organizados pelo grupo, garantindo a permanente disponibilidade do conhecimento gerado nos últimos anos.

O portal GAIA-CTI é um instrumento estratégico que possibilita a mobilização

Quadro 1: Funcionalidades de cada Espaço de atuação do portal GAIA-CTI

Requisitos ESPAÇO A (Comunicação e Interação)
- Informações sobre o GAIA (sua atuação, pesquisadores, projetos atuais e passados)
- Download de arquivos (textos, cases, áudio, vídeo etc)
- Link para hotsites dos projetos (mantendo a barra do portal GAIA)
- Link para publicações – download de textos
- Agenda do GAIA e outros eventos de interesse
- Indicadores dos conteúdos mais bem visitados
- Área para cadastro de visitantes e parceiros
- Link para acessar área restrita
- Link para redes sociais (Facebook, Twitter, etc)
- Link para ferramentas colaborativas (wiki)
- Links para ferramentas de e-learning
- Links interessantes
- Clipping de notícias
- Galeria de fotos
- Enquete
“Deixe seus comentários”
- Contatos e localização, etc
- Vídeos
- Sistema de busca avançada de conteúdos do próprio portal (grupos, cases, artigos e pessoas de referência)
- Diferentes níveis de acesso (usuários com diferentes permissões)
- “Banco de cases” (interativos), permitindo tanto Upload quanto como downloads
- Blogs e fóruns de discussão

- Escolha do idioma pelo usuário
- Indicadores dos conteúdos mais bem avaliados
- “Balcão virtual de soluções tecnológicas” (espaço para interações entre diversos agentes)
- Upload de arquivos para usuários autorizados
- Backup automático dos arquivos
Requisitos ESPAÇO B (Gestão Interna dos Projetos)
- Compartilhamento de arquivos e co-autoria de documentos (através do Google Docs)
- Relatório (log de auditoria) para controle detalhado das ações realizadas pelos usuários (inclusão/alteração/exclusão de conteúdo)
- Estatísticas do site
- Gerenciamento de contatos (exportação de dados dos usuários e parceiros cadastrados)

Fonte: Criação própria.

de mais agentes em torno dos debates realizados durante nos eventos presenciais, ao mesmo tempo, que é um vetor de disseminação das informações veiculadas. Um dos aspectos mais importantes do *ambiente on-line* em questão, é a inclusão de “ferramentas sociais”, visando a colaboração através da formação de comunidades de praticantes e interessados em inovação e em aspectos associados de Capital Humano e Intelectual. Um primeiro conjunto de usuários será formado pelos próprios palestrantes e participantes dos eventos; estes, em conjunto com a equipe das Manhãs da Inovação, atuarão formando um “*mudball*”, a partir do qual outros usuários e interessados se agregarão (conceito de estigmergia).

3.3. Gestão do desenvolvimento do Portal

Como apresentado anteriormente, o desenvolvimento do Portal ficou a cargo de uma empresa especializada em desenvolvimento para a Internet – ou seja, foi terceirizado –, ficando a homologação do Portal sob responsabilidade da equipe técnica do GAIA. Após esta definição foram fixados três aspectos críticos na gestão do desenvolvimento do Portal: definição dos requisitos, estratégia de teste (qualidade) e gestão de risco.

A literatura de gestão de projetos indica que falhas na definição do escopo – sendo parte fundamental deste a correta definição dos requisitos, podem facilmente levar ao fracasso dos projetos. Seguindo-se então práticas em gestão de projetos adequadas a este desenvolvimento, houve uma grande preocupação com a qualidade dos requisitos do Portal. Foi acordado que a empresa desenvolvedora faria entregas intermediárias até que todo o desenvolvimento fosse concluído. Como forma de assegurar o entendimento dos requisitos foram estabelecidos “Critérios de Aceitação”. Estes critérios foram elaborados pela equipe técnica do GAIA e validados pela empresa desenvolvedora, provendo desta forma: informações precisas para o desenvolvimento das funcionalidades por parte da empresa desenvolvedora e também fornecendo condições

de avaliação sobre a correta implementação dos requisitos por parte da equipe técnica responsável por homologar o Portal.

Para garantir a qualidade do Portal além da busca pela clareza dos requisitos, foi definida uma estratégia de testes. Desta forma para cada entrega intermediária feita pela empresa desenvolvedora foram definidos “Casos de Teste” onde as várias possibilidades de falha que poderiam ocorrer na criação de cada requisito foram documentadas e testadas, procurando verificar a qualidade da implementação – sendo que neste contexto adota-se qualidade como conformidade com os requisitos. As falhas encontradas foram registradas mediante níveis de prioridade com tempos de resposta previamente acordados e, posteriormente, corrigidas pela empresa desenvolvedora.

Durante o desenvolvimento do portal, foi realizado o gerenciamento de riscos, que constou da definição de oportunidades e ameaças de forma qualitativa e ações corretivas e preventivas ao longo da duração do projeto. De forma geral todos os aspectos críticos atenderam ao planejamento: os requisitos foram atendidos, a estratégia de teste funcionou de acordo com o esperado e os riscos foram gerenciados a contento. As atualizações são freqüentes e o conteúdo disponibilizado pela equipe é crescente. O Portal GAIA-CTI pode ser acessado pelo endereço <http://www.guia-cti.com.br/>.

► 3. Conclusão

Há diversos entraves a serem superados quando se trata de mecanismos que viabilizam a disseminação/socialização do conhecimento, já que a construção do conhecimento é efetuada não só pelo indivíduo, como também por grupos e instituições (Silveira, 2006 e Nonaka e Takeuchi, 1997). Com o advento da internet e as possibilidades interativas decorrentes dos aplicativos da WEB 2.0, os canais informais de comunicação se expandiram, permitindo que os portais corporativos se constituíssem em importantes instrumentos de apoio à gestão do conhecimento e às atividades inovativas, base para a sustentabilidade organizacional.

Viabilizar canais que apóiam a troca e o compartilhamento de informações tecnocientíficas tornou-se fundamental para as organizações estabelecerem diferencial competitivo no mercado. Fato esse que promoveu a propagação de diferentes tipos de portais corporativos, dentre os quais se destacam principalmente os voltados para a gestão do conhecimento e suporte à decisão.

A gestão do conhecimento – que pode ser apropriada pelas organizações – é facilitada pela associação com as ferramentas de TI, que permitem a sistematização e disseminação de informações diversas, tornando o conhecimento explícito mais atraente para os membros da organização.

É neste sentido que os portais dão suporte ao processo de aprendizagem nas organizações e emergem como importante recurso para oportunizar a inovação e promover melhor uso do conhecimento. Ao permitir que os usuários colaborem entre si e

desfrutem de informação organizada, acessível e integrada em uma rede de cooperação, o portal se torna catalisador deste processo de compartilhamento e disseminação do conhecimento com foco na transformação do conhecimento tácito individual em conhecimento organizacional.

Para a disseminação e aplicação do conhecimento produzido pelo grupo, o GAIA-CTI foi motivado a desenvolver um portal corporativo capaz de integrar não apenas dados, mas também os atores diversos envolvidos com a temática da inovação no país, a saber: instituições de ensino/pesquisa (públicas e privadas), empresas, governo e agentes multiplicadores diversos (como professores universitários e gestores empreendedores). Dentre vários tipos de portais corporativos mencionados, o GAIA tem por objetivo alcançar o patamar de “Portal do Conhecimento”, contudo, a proposta tem como base o “gradualismo” e o “aprendizado constante” da equipe idealizadora e executora do projeto.

O ambiente foi planejado para ter escalabilidade, ou seja, para que possa “crescer” de acordo com as necessidades. O grupo também buscou privilegiar a utilização de softwares livres. Para promover a disseminação da informação e a interação entre os atores diversos, o projeto do portal GAIA-CTI conta com cerca de 30 funcionalidades. O destaque é a inclusão de “ferramentas sociais”, visando a colaboração através da formação de comunidades de praticantes e interessados em inovação e em aspectos associados ao Capital Humano e Intelectual. Atualmente, o portal já permite acesso aos vídeos e apresentações dos eventos “Manhãs da Inovação” e demais reuniões e seminários organizados pelo grupo, garantindo a permanente disponibilidade do conhecimento gerado pelo grupo nos últimos anos.

► REFERÊNCIAS

- AGUIAR, S. *Redes sociais e tecnologias digitais de informação e comunicação no Brasil (1996-2006)*. Relatório final de pesquisa. NUPEF Rits – Núcleo de Pesquisas, Estudos e Formação da Rede de Informações para o Terceiro Setor, 2006.
- AMARAL, J. R. *A construção do conhecimento em portais corporativos: novos espaços e novos processos de aprendizagem*. Dissertação de Mestrado em Educação Tecnológica. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://www.et.cefetmg.br/permalink/ada491ad-5232-11df-9c99-00188be4f822.pdf>, acesso em 19 de outubro de 2011.
- ARAÚJO, V. M. R. H. *Estudo dos canais informais de comunicação técnica: seu papel na transferência de tecnologia e na inovação tecnológica*. *Ci. Inf.* Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 79-100, 1979.
- ARAÚJO, V. M. R. H.; FREIRE, I. M. *A rede internet como canal de comunicação, na perspectiva da ciência da informação*. *TransInformação*. v. 8, nº 2, pag. 45-55, maio/agosto, 1996. Disponível em: <<http://atbibliofurg2011.files.wordpress.com/2009/05/a-rede-internet-como-canal-de-comunicacao.pdf>>.
- BOZEMAN, B. *Technology transfer and public policy: a review of research and theory*. *School of Public Policy*, Georgia Tech, Atlanta, GA 30332 USA. Elsevier Science B.V. 2000.

- BUKOWITZ, W.R.; WILLIAMS, R.L. *Manual de Gestão do Conhecimento*. Tradução Carlos Alberto Silveira Netto Soares. Porto Alegre. 2002 com/db_area/archives/1999/993003/feat1.shtml> Acesso em 19 de outubro de 2011.
- CROSS, R.; PRUSAK, L.; PARKER, A. *Where work happens: the care and feeding of informal networks in organizations*. Cambridge: IKO, 2002. Disponível em: <www-304.ibm.com/jct03001c/services/learning/solutions/pdfs/iko_wwh.pdf>.
- DAVENPORT, T., PRUSAK, L. *Conhecimento Empresarial*. Rio de Janeiro: Ed.Campus, 1999.
- DIAS, C. (2001). *Corporate portals: a literature review of a new concept in Information Management*. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/ijinfomgt > Acesso em: 19 de outubro de 2011
- ELKINGTON, J. *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*, 1999
- FIRESTONE, J. M. *Defining the Enterprise Information Portal*. KMCI Knowledge Management Certification Program, 1999. Disponível em: <http://www.dkms.com/papers/eipdef.pdf>, acesso em 19 de Outubro de 2011.
- GARVEY, W. D.; GRIFFITH, B. C. *Scientific communication in social system*. *Science*, 157, p.1011-1016, setembro, 1967. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/157/3792/1011.full.pdf> >.
- GOOGLE Trends. Disponível em: <<http://www.google.com/trends>> Acesso em: 21 de junho de 2011.
- KRACKHARDT, D.; PORTER, L. W. *The snowball effect: turnover embedded in communication networks*. *Journal of Applied Psychology*, v. 71, n.1, p. 50-55, 1986.
- KUIPERS, K. J. *Formal and informal networks in the workplace*. Tese (Doutorado em Administração). Stanford University: Stanford, 1999.
- MARTINS, G. J. T.; QUINCOZES, E. R. F.; PEREIRA, M. F.; FIALHO, F. A. P. *A contribuição das redes sociais para o desenvolvimento de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P, D&I): o caso da Embrapa Clima Temperado*. Trabalho apresentado no SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2009. Disponível em: <www.aedb.br/seget/artigos09/290_artigo.pdf>.
- NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. *A empresa criadora do conhecimento*. In: **Aprendizagem organizacional: os melhores artigos da Harvard Business Review**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006
- NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. *Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação*. Rio de Janeiro: Campus, 1996.
- NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. *Criação de conhecimento na empresa*. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997. 13ª Reimpressão.
- O'REILLY, T. *What Is Web 2.0: design patterns and business models for the next generation of software*. O'Reilly Media, 2005. Disponível em: <<http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web-20.html>>. Acesso em: 21 de junho de 2011.
- REYNOLDS, H.; KOULOPOULOS, T. *Enterprise knowledge has a face*. *Intelligent Enterprise*, v. 2, n. 5, p. 29-34, 1999. Disponível em: <<http://web.archive.org/web/20000816201640/www.intelligententerprise.com/993003/feat1.shtml>>. Acesso em: 23 de julho de 2011.
- RIZOVA, P. *Are you networked for successful innovation?* In: **MIT Sloan Management Review**. Spring 2006, Vol. 47, p. 49-55.
- SCOTT, J.E. (1998). *Organizational Knowledge and the Intranet*. **Decision Support Systems**. v. 23, pp 3-17.
- SENGE, P. *A quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende*. São Paulo: Best Seller, edição revisada, 2004.

- SILVA, M. C. M. *Redes sociais intra-organizacionais informais e gestão*. Dissertação (Mestrado em Administração). NPGA, UFBA, Salvador: 2003.
- SILVEIRA, M. A. *Gestão Estratégica da Inovação para Sustentabilidade: Desenvolvimento Sustentável da Indústria Eletroeletrônica Brasileira*. *Anais ALTEC*. Prelo. 2011.
- SILVEIRA, M. A. *Gestão da Inovação em Sistemas Organizacionais*. In: **Por que gestão em sistemas e tecnologias de informação?** Campinas: Komedi, 2006, v.1, p. 103-160.
- STEWART, T. A. *A riqueza do conhecimento – o capital intelectual e a organização do século XXI*. Rio de Janeiro: Campus, 2002.
- STEWART, T. A. *Capital Intelectual: a nova vantagem competitiva das empresas*. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- SVEIBY, K. E. *A nova riqueza das organizações: gerenciando e avaliando patrimônios de conhecimento*. Rio de Janeiro: Campus, 2002.
- TERRA, J. C. C. *Gestão do Conhecimento: O grande desafio empresarial*. Ed. Negócio. Brasil, 2005
- TERRA, J. C. C.; GORDON, C. (2002). *Portais Corporativos: A Revolução na Gestão do Conhecimento*. São Paulo: Editora Campus, 2002.
- TOLEDO, A. M. *Portais Corporativos: Uma Ferramenta Estratégica de Apoio à Gestão do Conhecimento*. Monografia de especialização da UFRJ, 2002. Disponível em: <<http://genesis.nce.ufrj.br/dataware/GestaoConhecimento/Teses/AlineToledo/Monografia-AlineToledo.htm>>. Acesso em: 20 out. 2005.
- TOMAÉL, M. I.; ALCARÁ, A. R.; DI CHARA, I. G. *Das redes sociais à inovação*. *Revista Ciência da informação*. Brasília, vol. 34, nº.2. mai/ago 2005. p. 93-104.
- VASCONCELOS, V.; CAMPOS, P. *Distributed Informal Information Systems for Innovation: An Empirical Study of the Role of Social Networks*. *Centeris 2010 Proceedings*, Part II, CCIS 110, Springer; October 22, 2010.
- VITAL, L.P. *Fontes e canais de informação utilizados no desenvolvimento de sistemas em empresa de base tecnológica*. *Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina*. Florianópolis, v.11, n.2, p. 297-313, ago./dez., 2006. Disponível em: <http://revista.acb.org.br/index.php/racb/article/viewArticle/480/613>.

CAPÍTULO 4

Transferência de tecnologia, inovação tecnológica e desenvolvimento

Profa. Dra. Ana Lúcia Vitale Torkomian
Departamento de Engenharia de Produção
da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

► Introdução

ATUALMENTE, A TECNOLOGIA, como conhecimento aplicado, permeia todas as áreas de atividade das organizações. Não se trata mais de um instrumento de competitividade, mas, de um pré-requisito para sobrevivência em ambientes concorrenciais. O grande desafio é transformar o conhecimento gerado através de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em inovações, capazes de impulsionar o desenvolvimento econômico do ambiente em que se inserem (quer seja do empreendimento, do setor, da região ou, por consequência, da nação) (Torkomian; Piekarski, 2007).

No Brasil, desafio adicional se impõe, uma vez que historicamente têm sido modestos os investimentos em P&D, sobretudo, por parte das empresas privadas. Assim, a aproximação entre universidades, institutos de pesquisa e empresas apresenta-se como o caminho mais curto e mais direto para a modernização da indústria nacional, ganhando estímulo as ações que visam a transferência de tecnologia entre as partes.

Isso porque a contribuição da universidade para a sociedade, além da vertente acadêmica que envolve a atividade de ensino (formação de recursos humanos) e pesquisa (geração de conhecimento novo), pode ocorrer também através da interação com empresas, em pesquisas conjuntas, consultorias, prestação de serviços ou com a geração de novos empreendimentos. Tratam-se de vias de mão dupla, pelas quais também a

universidade é beneficiada devido à possibilidade de formar melhor seus recursos humanos e de retroalimentar a pesquisa nela desenvolvida.

Focaliza-se aqui a transferência do conhecimento gerado nas universidades e institutos de pesquisa para o mercado (por meio das empresas), através de dois mecanismos: a cooperação dessas instituições com o mercado (empresas já existentes) e a criação de novas empresas por parte de profissionais que constituíram (temporariamente ou não) o quadro de tais instituições (essas novas empresas são denominadas *spin-offs* acadêmicos).

As atuais políticas de promoção da inovação estimulam essas duas vertentes. Às empresas inovadoras, está disponível uma gama de possibilidades de obtenção de recursos financeiros e humanos. São exemplos as bolsas do Programa Recursos Humanos em Áreas Estratégicas (RHAE), operacionalizado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), os financiamentos viabilizados pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e os incentivos fiscais propiciados pela Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005). Alguns desses apoios são concedidos mediante a existência de projetos de P&D conjuntos entre empresas e Instituições Científicas e Tecnológicas (ICT).

O estímulo à criação de novas empresas (*spin-offs*) também se faz sentir, na medida em que são fomentados arranjos institucionais como incubadoras de empresas e parques tecnológicos, cujo objetivo é estimular a criação e consolidação desses empreendimentos.

Atuando como interlocutores das ICT, estruturas denominadas escritórios de transferência de tecnologia, agências de inovação, ou Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT), seguindo a denominação proposta na Lei de Inovação (Lei nº 10.973/2004), têm ampliado significativamente a importância de seus papéis.

Este capítulo tem por objetivo discorrer sobre o processo de transferência de tecnologia que visa a inovação, refletindo-se sobre a participação das ICT no processo de promoção da inovação tecnológica nas empresas.

► 1. Ciência, tecnologia e inovação

O processo de acumulação tecnológica, bem como o aprendizado de conhecimentos tecnológicos, são meios de se chegar à inovação (Bell; Pavitt, 1993). Uma inovação envolve a busca, experimentação, descoberta, imitação, desenvolvimento e adoção de novos produtos, novos processos produtivos e novas configurações organizacionais (Dosi, 1988), podendo ocorrer em qualquer setor da economia, tanto em empresas privadas quanto públicas (OCDE, 2005).

O Manual de Oslo apresenta quatro tipos de inovações: inovações de produto, inovações de processo, inovações de negócio e inovações de marketing (OCDE, 2005). A inovação de produto refere-se à disponibilização ao mercado de produtos ou serviços novos ou com aperfeiçoamentos significativos. No caso da inovação de processo, as

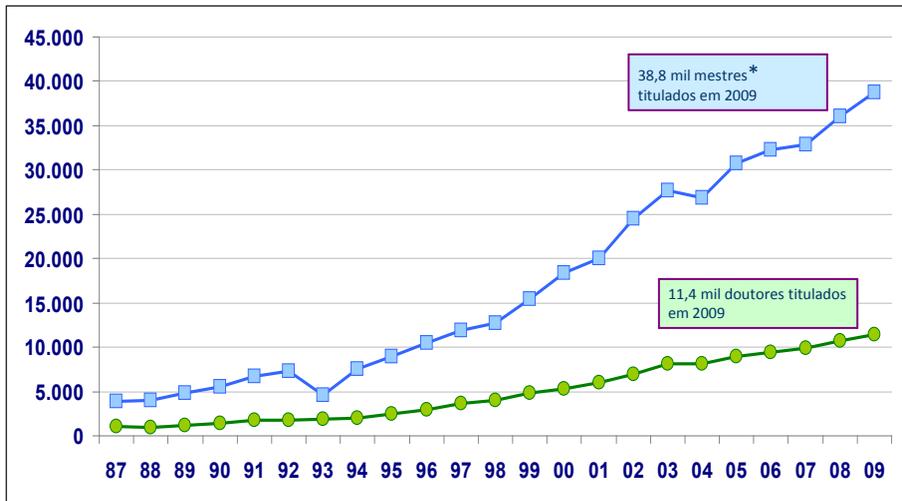


Figura 1: Mestres e doutores formados anualmente (MCT, 2010).

mudanças referem-se aos métodos de produção e distribuição dos produtos. Inovações de negócios envolvem novas formas de comercializar os produtos, novas práticas de negócios ou novas estruturas organizacionais. A inovação de marketing, por sua vez, pode incluir novas maneiras de precificar, posicionar ou promover os produtos.

Atualmente, o Brasil possui uma Política de Ciência e Tecnologia bem sucedida, o que pode ser constatado pela evolução e pela quantidade de mestres e doutores que são formados anualmente, conforme mostra a Figura 1.

Além disso, o país responde por 2,12% da produção científica mundial e o número de artigos científicos do Brasil, indexados no ISI – *Institute for Scientific Information*, aumentou 218% entre os anos 2000 e 2008 (MCT, 2010), como mostra a Figura 2.

Entretanto, os investimentos brasileiros em P&D, de 1,19% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2009, mostram-se bastante inferiores aos realizados por nações desenvolvidas, embora a expectativa seja de que em 2014 eles representem 1,8% do PIB (MCTI, 2011). A Figura 3 apresenta os investimentos em P&D dos Estados Unidos, Japão, China, Alemanha e Brasil, e indica que existe uma relação direta entre a liderança tecnológica e econômica dos países e seus dispêndios em P&D.

Esse quadro agrava-se ainda mais quando se observa que nos países avançados, mais de 70% dos dispêndios são realizados pelas empresas, o que não acontece no Brasil, conforme ilustra a Figura 4.

Isso explica, ainda que parcialmente, a dificuldade de transformar conhecimento em riqueza, através da introdução de inovações no mercado, e aponta a urgência de novas ações do governo que estimulem as empresas brasileiras a investirem em P&D, bem como do aperfeiçoamento dos programas já existentes.

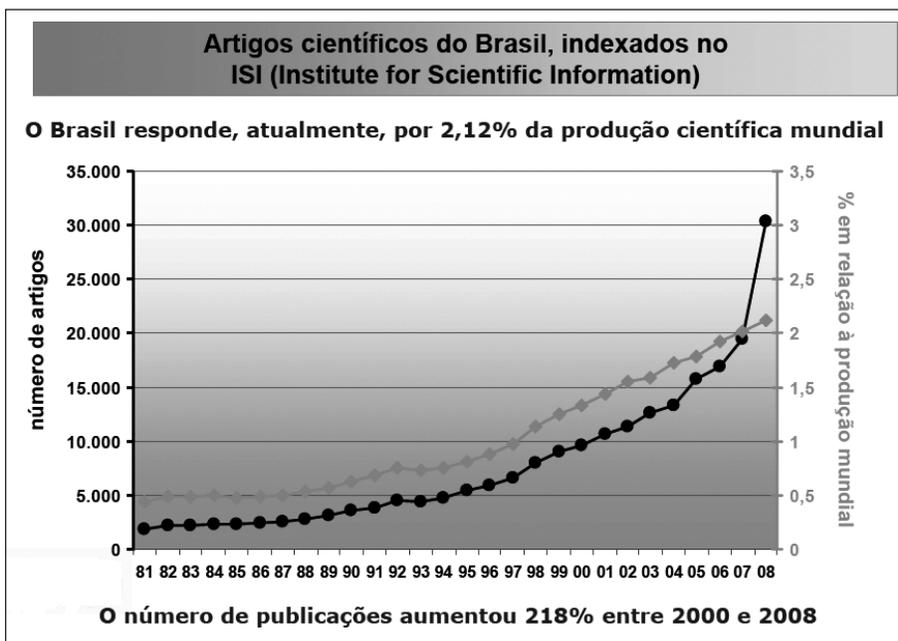


Figura 2: Artigos científicos do Brasil, indexados no ISI – Institute for Scientific Information (MCT, 2010).

Fontes: Main Science and Technology Indicators (MSTI), 2010-2, da Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD); para o Brasil: www.mct.gov.br/indicadores

	% P&D/PIB	Em US\$ Bilhões
Estados Unidos (2008)	2,79	398,2
Japão (2008)	3,44	148,7
China (2008)	1,54	120,6
Alemanha (2009)	2,82	84,0
BRASIL (2009)	1,19	24,2

Figura 3: Investimentos em P&D em relação ao PIB de alguns países (MCT, 2010).

➤ 2. O papel das universidades e institutos de pesquisa

A partir da Lei de Inovação, que procura promover a inovação tecnológica nas empresas estimulando sua aproximação com universidades e institutos de pesquisa, uma série de procedimentos, tais como pesquisa conjunta, prestação de serviços, uso compartilhado de infra-estrutura de pesquisa, e o afastamento de profissionais para transformar pesquisa tecnológica em inovações no mercado, tornaram-se explicitamente possíveis no âmbito das ICT.

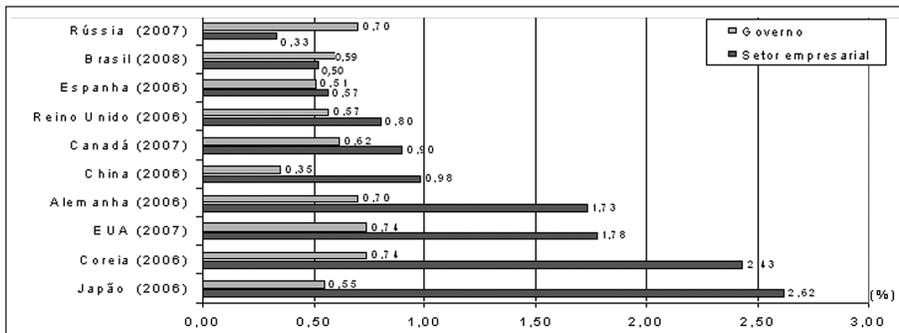


Figura 4: Investimentos do governo e de empresas em P&D (MCT, 2010).

Embora não seja panaceia para todos os desafios a serem enfrentados, a Lei de Inovação estimulou um novo olhar para as ICT, inclusive no interior delas próprias, uma vez que por muitos séculos as universidades foram vistas como locais alheios aos acontecimentos sociais e econômicos. Todas as mudanças que ocorreram nas funções das universidades deram-se lentamente. Tais mudanças, segundo Etzkowitz (2003), foram marcadas por uma primeira revolução acadêmica, ocorrida no final do século XIX, quando as universidades adicionaram às funções de ensino, as atividades de pesquisa. Uma segunda revolução acadêmica se fez sentir quando as universidades passaram a considerar em suas atividades a preocupação com o desenvolvimento econômico dos seus ambientes. O marco dessa fase foi a criação do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), em 1862. Desde então, esse modelo passou a ser transferido para outros centros universitários.

De acordo com os resultados alcançados com a pesquisa “Mobilização Brasileira pela Inovação” (Mobit) (ABDI, 2007), em que as políticas para inovação tecnológica de sete países foram estudadas (Estados Unidos, Canadá, Irlanda, Reino Unido, França, Finlândia e Japão), têm ocorrido muitas discussões sobre a adaptação das universidades às mudanças ocorridas no cenário econômico. Entre as pautas dos debates, a relação universidade – empresa tem ganhado destaque e a aproximação entre universidades, institutos de pesquisa e empresas tem se caracterizado como estratégia fundamental para a inovação.

Como consequência desse novo papel atribuído às universidades, as questões sobre propriedade intelectual e transferência de tecnologia passaram a ocupar as pautas das discussões dos responsáveis pelas políticas das universidades, sobretudo nas universidades públicas.

A propriedade intelectual concede direitos a autores que tenham realizado criações provenientes de sua capacidade intelectual, abrangendo direitos do autor, cultivares e organismos geneticamente modificados, circuitos integrados, programas de computador e propriedade industrial, cujo objetivo é proteger o chamado bem imaterial,

resultado da criação humana, que possua aplicação industrial. Essa proteção abrange invenções e modelos de utilidade, desenhos industriais, marcas, indicações geográficas e determina os parâmetros de repressão à concorrência desleal.

O sistema de proteção à criação intelectual busca valorizar a atividade inventiva, concedendo a exclusividade de uso ou exploração ao seu titular, evitando que determinada tecnologia seja ilícitamente apropriada por terceiros, mas, também criando mecanismos para que o conhecimento necessário para a inovação circule dentro dos diversos ecossistemas organizacionais de um país. Portanto, a propriedade intelectual é um fator de grande importância em processos de transferência de tecnologia. É fundamental que, além da proteção e o estímulo à invenção, o regime de propriedade intelectual facilite a transferência do conhecimento de agentes produtores para agentes que efetivem a transformação desse conhecimento protegido em inovação. Nesse sentido, a Lei da Inovação e os NIT podem ser entendidos como mecanismos facilitadores da transferência do conhecimento gerado nas IICT para as empresas, o que traz ganhos para todas as partes envolvidas em processos de inovação e para a sociedade como um todo.

► 3. Mecanismos de transferência de tecnologia

Os mecanismos de transferência de tecnologia podem contemplar a cooperação das ICT com empresas já existentes ou, utilizando-se da cultura empreendedora, favorecerem o surgimento de novas empresas, as *spin-offs* acadêmicas.

A aproximação entre as empresas e ICT é estimulada pelo governo federal através de programas como o Sistema Brasileiro de Tecnologia (SIBRATEC), que visa a geração de inovações tecnológicas através do atendimento às demandas das empresas. De acordo com o MCTI (2011), o SIBRATEC é:

[...] um instrumento de articulação e de aproximação entre a comunidade científica e tecnológica e as empresas. A finalidade é apoiar o desenvolvimento tecnológico das empresas brasileiras, dando condições para o aumento de sua taxa de inovação e, assim, contribuir para aumento do valor agregado de faturamento, produtividade e competitividade nos mercados interno e externo (MCTI, 2011: s.p.).

Instituído pelo Decreto nº 6.259 de 20 de novembro de 2007, o SIBRATEC está organizado na forma de três tipos de redes denominados componentes: Centros de Inovação, Serviços Tecnológicos e Extensão Tecnológica (MCTI, 2011).

As Redes Temáticas de Centros de Inovação são formadas por unidades ou grupos de desenvolvimento pertencentes aos institutos de pesquisa tecnológica, aos centros de pesquisa ou às universidades, com experiência na interação com empresas. Essas Redes têm como objetivo gerar e transformar conhecimentos científicos e tecnológicos em produtos, processos e protótipos com viabilidade comercial para promover inovações radicais ou incrementais. Como exemplo, pode-se citar a Rede de Microe-

letrônica, coordenada pelo Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI).

As Redes Temáticas SIBRATEC de Serviços Tecnológicos são formadas por laboratórios e entidades acreditadas ou que possuam sistema de gestão da qualidade laboratorial. Esse componente destina-se a apoiar a infra-estrutura de serviços de calibração, de ensaios e análises e de avaliação da conformidade, nos âmbitos compulsório e voluntário, a capacitação de recursos humanos, o aprimoramento de gestão da qualidade laboratorial, programas de ensaio de proficiência, bem como as atividades de normalização e de regulamentação técnica, para atender as necessidades de acesso das empresas ao mercado. Como exemplo, destaca-se a Rede de Produtos e Dispositivos Eletrônicos, também coordenada pelo CTI.

Também fazem parte do SIBRATEC as Redes Estaduais de Extensão Tecnológica, que congregam as entidades especializadas na extensão tecnológica atuantes nos estados da federação, com o objetivo de promover extensão tecnológica para solucionar pequenos gargalos na gestão tecnológica, adaptação de produtos e processos e a melhoria da gestão da produção das micro, pequenas e médias empresas estabelecidas em território nacional.

Quanto às *spin-offs* acadêmicas, são empresas geradas a partir de universidades por docentes, funcionários ou alunos, da graduação ou de cursos de pós-graduação, com o objetivo de aproveitar oportunidades identificadas ou geradas através da pesquisa desenvolvida nessas instituições (Torkomian; Piekarski, 2007).

Uma vantagem desse modelo é o conhecimento levado pelo pesquisador para a nova empresa. Uma vez que a organização receptora da tecnologia precisa ter uma massa crítica de capacidade tecnológica num processo de transferência de tecnologia, isso é garantido quando o próprio inventor também se transfere. Vantagem adicional é a possível continuidade de relacionamento com a fonte de tecnologia, que está baseada no conhecimento pessoal do inventor com respeito aos sistemas e pessoas da sua organização de origem, a universidade ou instituto de pesquisa (Radosevich, 1995).

Alguns problemas desse modelo dizem respeito à frequente falta de conhecimentos empresariais na formação desses pesquisadores. Também se observa a necessidade de um suporte maior com relação à infra-estrutura local e o potencial da empresa nascente focalizar-se excessivamente na parte técnica do negócio, em detrimento de outras áreas também importantes, por exemplo, a gestão mercadológica, essencial para transformar uma técnica de laboratório em produto de mercado.

Uma opção mais realista de aproveitamento das tecnologias geradas nas universidades via criação de empresas ocorre quando esse processo é encabeçado por pessoas do grupo de pesquisa no qual a tecnologia teve origem (alunos de graduação, mestrado ou doutorado) e não seu pesquisador-chave, o professor universitário. Desta maneira, continuaria garantido o acesso à fonte do conhecimento e o comprometimento com a tecnologia, ao mesmo tempo em que se formariam empreendimentos inovadores. A universidade não perderia seus pesquisadores e estaria contribuindo com tecnologias nela desenvolvidas para o atendimento de necessidades da sociedade (Torkomian, 1997).

► 4. Arranjos institucionais facilitadores da transferência de tecnologia

Muitas universidades têm criado incubadoras de empresas em seus *campi* como um estímulo à transferência de tecnologia da academia para o meio empresarial. Uma incubadora de empresas é, segundo Anprotec e Sebrae (2002), um:

- Agente nuclear do processo de geração e consolidação de micro e pequenas empresas;
- Mecanismo que estimula a criação e o desenvolvimento de micro e pequenas empresas industriais ou de prestação de serviços, empresas de base tecnológica ou de manufaturas leves, por meio da formação complementar do empreendedor em seus aspectos técnicos e gerenciais; e
- Agente facilitador do processo de empresariamento e inovação tecnológica para micro e pequenas empresas.

De fato, uma incubadora consiste em prédio ou galpão industrial com módulos individuais e áreas de uso compartilhado entre empresas nascentes que lá se instalam temporariamente. Além do espaço físico, a incubadora geralmente oferece às empresas nela instaladas serviços de consultoria, orientação administrativa, secretaria, segurança e divulgação.

Segundo Markley e McNamara (1995), a maioria das incubadoras é criada por organizações sem fins lucrativos, interessadas no desenvolvimento econômico de determinada região. São estabelecidas visando aumentar o nível de empregos e de arrecadação dentro da economia local; dar suporte a empreendedores e empresas nascentes; e encorajar a diversificação econômica.

Em se tratando de incubadoras de empresas de base tecnológica, os vínculos com universidades e institutos de pesquisa são ainda mais importantes, sendo que o fator locacional (proximidade física) é um pré-requisito.

As incubadoras devem ser instrumentos de desenvolvimento econômico regional e mecanismos de difusão da cultura empreendedora. São organizações-âncora para os demais instrumentos de agregação de empresas de base tecnológica como os parques tecnológicos.¹

O movimento dos parques tecnológicos teve início nos Estados Unidos, em 1949, quando a Universidade de Stanford viu a oportunidade de desenvolver a área que possuía nas proximidades do *campus* de Palo Alto, como um lugar privilegiado para as empresas obterem facilidades de pesquisa e desenvolvimento. Depois de um lento começo, a universidade conseguiu atrair grandes empresas como a Kodak e a Varian

¹ Um estudo sobre parques tecnológicos regionais está no Capítulo 7: “Parque Científico da Unicamp: Papel Estratégico no Desenvolvimento do Sistema Local de Inovação de Campinas”.

Associates para o local. Também possibilitou a criação de novas empresas, como a Hewlett-Packard e a Syntex, criadas por pessoas ligadas à Universidade e que cresceram rapidamente (Broadhurst, 1988).

Outras universidades norte-americanas seguiram o exemplo de Stanford. Algumas iniciativas tiveram apenas impacto local, mas outras, como o desenvolvimento ao longo da Rota 128, próxima ao *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), levaram à regeneração áreas de indústria decadente e crescente desemprego.

Um parque tecnológico consiste em empreendimento imobiliário que propicia o desenvolvimento de empreendimentos inovadores, que se beneficiam da proximidade física de recursos científico-tecnológicos. O parque prevê ações cooperativas, visando a competitividade e melhoria da capacitação gerencial das empresas que abriga. Para Lalkaka e Bishop (1997: 64), um parque tecnológico “pode ser considerado um desenvolvimento imobiliário diferenciado que tira vantagem da proximidade de uma fonte significativa de capital intelectual, ambiente favorável e infraestrutura compartilhada”

Nesse sentido, o governo federal, através da Portaria MCT nº 139, de 10 de março de 2009, instituiu o Programa Nacional de Apoio às Incubadoras de Empresas e Parques Tecnológicos (PNI). O objetivo desse programa é fomentar a consolidação e o surgimento de parques tecnológicos e incubadoras de empresas que contribuam para estimular e acelerar o processo de criação de micro e pequenas empresas, caracterizadas pelo elevado conteúdo tecnológico de seus produtos, processos e serviços, bem como por intensa atividade de inovação tecnológica e pela utilização de modernos métodos de gestão (MCTI, 2011a).

Para tanto, dispõe de um Comitê Consultivo, composto pelas seguintes instituições:

- Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – SETEC/MCT, que o coordena;
- Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP);
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq);
- Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC);
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES);
- Conselho Nacional de Secretários Estaduais para assuntos de C,T&I (CONSECTI);
- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE);
- Confederação Nacional da Indústria (CNI);
- Fórum Nacional de Secretários e Dirigentes Municipais de Ciência, Tecnologia e Inovação; e
- Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (ANPROTEC).

► 5. O papel dos núcleos de inovação tecnológica

Nesse ambiente favorável à cooperação, Thursby e Thursby (2002) destacam ser crescente o número de contratos entre empresas e universidades, resultado de um maior interesse das partes na aproximação.

Como resultado do aumento das relações de cooperação entre ICT e empresas, novas demandas administrativas surgiram nas universidades e institutos de pesquisa e levaram ao desenvolvimento dos escritórios de transferência de tecnologia (ETT), responsáveis por mediar essas relações, registrar patentes e negociar licenças das novas tecnologias.

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) tem apoiado a criação de ETT especializados em questões da propriedade intelectual e comercialização de tecnologias, mais recentemente fomentando a criação dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT), de maneira que as ICT cumpram o que determina a Lei de Inovação.

São competências mínimas do Núcleo de Inovação Tecnológica, conforme disposto na Lei de Inovação:

- Zelar pela manutenção da política institucional de estímulo à proteção das criações, licenciamento, inovação e outras formas de transferência de tecnologia;
- Avaliar e classificar os resultados decorrentes de atividades e projetos de pesquisa para o atendimento das disposições da Lei nº 10.973, de 2004;
- Avaliar solicitação de inventor independente;
- Opinar pela conveniência e promover a proteção das criações desenvolvidas na instituição;
- Opinar quanto à conveniência de divulgação das criações desenvolvidas na instituição, passíveis de proteção intelectual; e
- Acompanhar o processamento dos pedidos e a manutenção dos títulos de propriedade intelectual da instituição.

De acordo com informações prestadas anualmente pelas ICT ao MCT, a quantidade de NIT tem aumentado significativamente, bem como os resultados por eles gerados em termos de proteções de propriedade intelectual requeridas e concedidas (Figuras 5 e 6).

Além dos requerimentos e concessões de proteção da propriedade intelectual, em avaliação realizada pela FINEP, foram identificados os seguintes resultados da ação dos NIT (FINEP, 2008):

- Aumento no interesse dos pesquisadores em proteger suas criações intelectuais, em função do aumento do atendimento dos NIT aos mesmos;

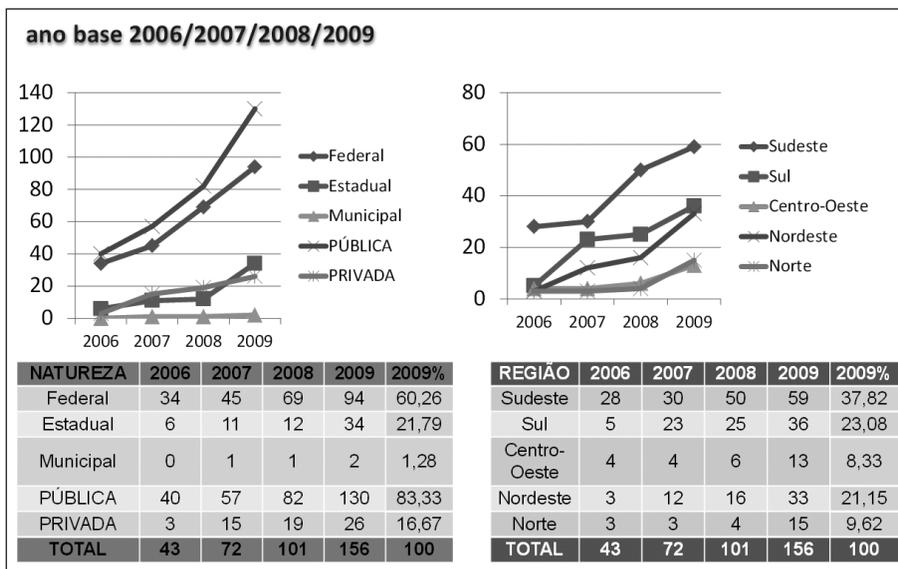


Figura 5: Informações das ICT ao MCT (MCT, 2010).



Figura 6: Proteções requeridas e concedidas às ICT (MCT, 2010).

- Crescimento da atuação dos NIT quanto ao levantamento das potencialidades tecnológicas das ICT;
- Aumento dos depósitos nacionais e internacionais de: patentes, cultivares, programas de computador e marcas;
- Aumento na interação universidade-empresa indicado pelo aumento de transferência de tecnologia com recebimento de *royalties*; e
- Maior interação entre as ICT, o que promove a difusão de boas práticas utilizadas na gestão dos NIT mais estruturados.

Os NIT e outras instituições relacionadas à propriedade intelectual e transferência de tecnologia são representados pelo Fórum de Gestores de Inovação e Transferência de Tecnologia (FORTEC). O FORTEC agrega atualmente 183 NIT, com a seguinte distribuição regional: 57 na região sudeste, 47 no sul, 43 no nordeste, 20 no norte e 17 no centro oeste, conforme se observa na Figura 7.

► 6. Considerações finais

Apesar do esforço do governo brasileiro em promover a inovação tecnológica no país, ainda há um longo caminho a ser percorrido. As perspectivas, entretanto, são otimistas, se forem considerados os estágios de amadurecimento das universidades, institu-

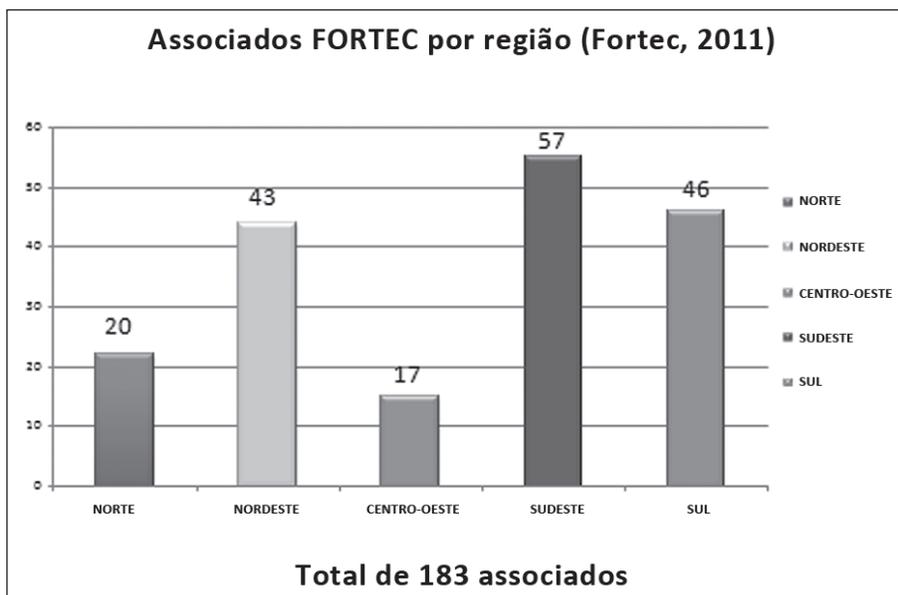


Figura 7: NIT vinculados ao FORTEC (FORTEC, 2011).

tos de pesquisa e das empresas brasileiras, que têm superado dificuldades históricas em prol da consecução de objetivos comuns de maneira compartilhada. Nesse sentido, diversas legislações e instituições vêm sendo criadas pelo Governo Federal visando aproximar ICT e empresas, com a finalidade de transformar o conhecimento científico e tecnológico gerado nas ICT em inovações em empresas e outras organizações de interesse da sociedade.

Arranjos facilitadores do desenvolvimento tecnológico no país, como é o caso das incubadoras de empresas, também já acumularam aprendizado e têm contribuído sobremaneira para a geração e consolidação de novos empreendimentos.

Os parques tecnológicos e os NIT também parecem estar desempenhando papéis cruciais no esforço nacional de geração de inovação e transformação de conhecimento em riqueza.

Esses recentes avanços tornam necessário o permanente acompanhamento dos programas governamentais de fomento à inovação, correção de eventuais imperfeições e garantia de sua continuidade para que os objetivos de longo prazo (desenvolvimento econômico e social) possam ser atingidos.

► REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Plano de Mobilização Brasileira pela Inovação – MOBIT*. Brasília: ABDI, 2007.
- ANPROTEC; SEBRAE. *Glossário dinâmico de termos na área de tecnópolis, parques tecnológicos e incubadoras de empresas*. Brasília: ANPROTEC; SEBRAE, 2002.
- BELL, M.; PAVITT, K. *Technological accumulation and industrial growth: contrast between developed and developing countries*. *Industrial and Corporate Change*, v.2, n.2, p.157-210, 1993.
- BROADHURST, T. *History of science park development and the existing pattern*. In: WORRAL, B. (editor). *Setting up a science park*. UKSPA, 1988. P. 5-15.
- DOSI, G. Sources, *Procedures and Microeconomic Effects of Innovation*. *Journal of Economic Literature*, vol. XXVI, n. 3, p. 1120-1171, Sep: 1988.
- ETZKOWITZ, H. *Research groups as “quase-firms”: the invention of the entrepreneurial university*. *Research Policy*, Amsterdam, v. 32, n.1, p. 109-121, Jan. 2003.
- FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS (FINEP). *Relatório de Avaliação dos Núcleos de Inovação Tecnológica*. Rio de Janeiro, 2008 (mimeo).
- FÓRUM DOS GESTORES DE INOVAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA (FORTEC). www.fortec-br.org. Acesso em setembro de 2011.
- LALKAKA, R.; BISHOP JR, J.L. *Parques tecnológicos e incubadoras de empresas: o potencial de sinergia*. In: GUEDES, M.; FÓRMICA, P. (Ed.). *A economia dos Parques Tecnológicos*. Rio de Janeiro: ANPROTEC; IASP; AURRP, 1997, p.59-96.
- MARKLEY, D. M.; McNAMARA, K. T. *Business incubators: a local economic development option*. *Choices*. Third quarter, 1995. p. 13-16.

- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). www.mct.gov.br. Acesso em dezembro de 2010.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI) (2011) *Apresentação Sibra-tec* (página da internet). Disponível: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/313014.html>> Acesso em: 25/09/2011.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI) (2011a). *Programa Nacional de Apoio às Incubadoras e aos Parques Tecnológicos (PNI): Apresentação*. Disponível: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/5228.html>> Acesso em: 11/10/2011
- OCDE. *Manual de Oslo: Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação*. 3ª Edição. Rio de Janeiro: FINEP, 2005.
- RADOSEVICH, R. *A model for entrepreneurial spin-offs from public technology sources*. **International Journal of Technology Management**, v.10, n.7/8, 1995. p. 879-893.
- THURSBY, Jerry G; THURSBY, Marie C. *Who is selling the ivory tower? Sources of growth in university licensing*. **Management Science**. v.48, n.1, p. 90-104. Jan, 2002.
- TORKOMIAN, A. L. V. *Gestão de tecnologia na pesquisa acadêmica: o caso de São Carlos*. São Paulo: FEA/USP, 1997. 304p. (tese de doutoramento).
- TORKOMIAN, A. L. V. *Panorama dos Núcleos de Inovação Tecnológica no Brasil*. In: SANTOS, Marli E. R.; TOLEDO, Patricia T. M.; LOTUFO, Roberto A. (orgs). **Transferência de Tecnologia: estratégias para estruturação e gestão de Núcleos de Inovação Tecnológica**. Campinas: Komedi, 2009. p. 21-37.
- TORKOMIAN, A. L. V. & PIEKARSKI, A. E. T. *Gestão da Tecnologia*. In: BATALHA, M. O. (org). **Introdução à Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. p. 209-226.

CAPÍTULO 5

Parque Científico da UNICAMP: papel estratégico no desenvolvimento do sistema local de inovação de Campinas

Iara Regina da Silva Ferreira
Josiane Fachini Falvo

► Introdução

NO ATUAL CENÁRIO ECONÔMICO, em que a inovação tecnológica em larga escala dita o ritmo da dinâmica concorrencial, torna-se imprescindível o fortalecimento dos Sistemas Locais de Inovação (SLI), de modo que o conjunto de instituições que apóiam a inovação em diferentes ecossistemas organizacionais¹ atue de forma coordenada, impactando positivamente a competitividade das empresas. Nas últimas décadas, a constituição de parques científicos e tecnológicos tem desempenhado importante papel na formação de redes de cooperação entre os protagonistas do SLI presentes em ecossistemas organizacionais, incrementando assim a competitividade das empresas por meio da alavancagem de sua sustentabilidade econômica.

Os parques científicos ou tecnológicos são áreas geográficas, definidas por planejamento urbano, com a finalidade de promover a Pesquisa, o Desenvolvimento e a Inovação (PD&I), por meio do intercâmbio de atores fundamentais no apoio à inovação: universidades; Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs); governo; Empresas de Base Tecnológica (EBTs) ou de setores tradicionais; e a sociedade. O objetivo de um parque é criar um *habitat* estimulador de talentos empreendedores, com a disponibilização de

¹ O conceito de ecossistemas organizacionais é revisado e discutido no Capítulo 2: “Gestão de arranjos multiorganizacionais para a inovação: a contribuição do conceito de ecossistemas organizacionais”.

serviços compartilhados, visando o melhor aproveitamento dos recursos governamentais, em especial, os incentivos oferecidos para as atividades de inovação tecnológica.

A maior diferença entre os parques científicos e os tecnológicos é o tipo de vínculo com a universidade. O parque científico, localizado nas proximidades de um campus, prioriza o desenvolvimento de projetos de parceria entre as empresas e os mais variados grupos acadêmicos de pesquisa. O parque tecnológico tem maior capilaridade, com grande participação da PD&I das empresas privadas, ou seja, a atividade de pesquisa pode ser exclusivamente desempenhada pelas empresas, não havendo a necessidade de ser oriunda da universidade.

Apesar da distinção entre parque científico e tecnológico, estudos apontam a importância do vínculo universidade-empresa, pois as corporações que se mantêm próximas ao *lôcus* estudantil têm maior probabilidade de terem acesso a laboratórios e a pesquisadores qualificados, enfim, de estabelecerem maior contato com o processo de produção de conhecimento científico.

No sentido de estimular a inovação tecnológica do Estado de São Paulo, em 2006, o governo estadual criou o Sistema Paulista de Parques Tecnológicos (SPTec), introduzindo o programa “Pró-Parques” de incentivos fiscais. No SLI de Campinas, em especial, essa iniciativa desencadeou mudanças nos parques existentes e o credenciamento provisório de novos *habitats* de inovação. Dentre estas iniciativas, destaca-se o Parque Científico da UNICAMP (PCU), por ser a primeira proposta regional com caráter predominantemente científico.

Este texto tem o intuito de analisar a importância da constituição de um parque científico para o desenvolvimento econômico e social da região de Campinas. Nesse sentido, discorreremos sobre as características que diferenciam o PCU dos demais parques locais e o seu potencial de interação com os diversos atores institucionais relacionados à inovação na região, principalmente a sociedade.

► 1. O papel dos parques científicos e tecnológicos nos Sistemas Locais de Inovação

Apesar das relações econômicas ocorrerem em dimensão mundial, as iniciativas locais têm ganhado importância na geração da sinergia necessária à geração de inovação. Nesse sentido, Cassiolato; Pagola e Lastres (2009: 15) afirmam que “...longe de ter se tornado “global”, a tecnologia, a inovação e o conhecimento têm se caracterizado como componentes crescentemente estratégicos, de cunho localizado...”. Desse modo, o fortalecimento dos SLIs tem sido estratégico para a competitividade do conjunto de empresas localizadas em áreas que compartilham instituições de P,D&I.

As políticas públicas direcionadas à consolidação dos sistemas locais de inovação apostam no potencial dos parques científicos e tecnológicos como *locus* privilegiado de articulação de atores estratégicos para o desenvolvimento regional da inovação. De modo geral, os parques científicos e tecnológicos funcionam como *habitats* que

propiciam a inovação, a competitividade e a transferência de tecnologia, estimulando a criação de empresas e a consolidação competitiva das já existentes em diversos ecossistemas organizacionais.

A *International Association of Science Parks* (IASP) define os parques tecnológicos ou científicos como espaços físicos que:

- Mantêm relações de cooperação com Universidades, Centros de Pesquisa e outras instituições de ensino superior;
- São concebidos para fomentar a criação e o crescimento de empresas inovadoras de base tecnológica e empresas do setor terciário; e
- Dispõe de equipe de gestão permanente que participa ativamente no estímulo à transferência de tecnologia e na geração de negócios para as empresas do parque.

Lalkaka (1990) e Baeta (1997) conceituam o parque como um espaço físico amplo, com múltiplos edifícios, projetado para um conjunto de atividades relacionadas à tecnologia, como: escola de empreendedores, centro de inovação, unidades para empresas maiores e laboratórios de P&D.

Em meio a inúmeras experiências mundiais exitosas na implantação desses ambientes, muitas nasceram de forma espontânea e outras articuladas às iniciativas de grupos de empreendedores egressos de universidades, focados na pesquisa científica. Atualmente, essas iniciativas demonstram ser espaços de articulações fortemente engajados com os diversos *stakeholders* do sistema de inovação local de seus países.

No Brasil, os parques tecnológicos e as incubadoras são considerados instrumentos capazes de transformar ideias em negócios e o local ideal para a formação de empreendedores. Existem vários modelos instalados de parques tecnológicos e científicos, mas, em geral, são geograficamente localizados

[...] numa área delimitada, com os distritos industriais do paradigma passado, ou podem estar disseminados na cidade, tendência que tem crescido nos últimos anos em decorrência de limitações de recursos, da possibilidade de maior sinergia dos agentes de inovação e da necessidade de evitar a degradação do tecido urbano (Spolidoro, 1997 apud Enriquez, 2001: 9).

Além da convivência física entre empresas de todos os portes e instituições de C&T, o parque também assegura mecanismos de parceria e de apoio, fundamentais para o bom funcionamento do ecossistema como um todo, tais como:

- Cooperação entre instituições científicas, empresas e escolas técnicas na formação, aperfeiçoamento e educação contínua de recursos humanos para a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico;

- Colaboração entre instituições científicas e empresas para a pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico, com especial atenção para a colaboração pré-competitiva entre empresas, de forma consorciada (gerando resultados com propriedade compartilhada entre os participantes);
- Apoio gerencial e técnico-científico para empresas nascentes, em regime de “incubadora de empresas”;
- Apoio gerencial e técnico-científico para a implantação de centros de P&D e de escalonamento industrial de tecnologias avançadas em empresas associadas, residentes no parque ou não;
- Captação de recursos financeiros públicos e privados (capital de risco e financiamentos) e incentivos fiscais para a implantação e a consolidação de atividades de P&D nas empresas;
- Racionalização de investimentos, através da exploração de ativos complementares e utilização compartilhada das principais facilidades e recursos entre instituições científicas e empresas.
- Promoção de intercâmbio e colaboração científica com outros centros, pólos e empresas do Brasil e do exterior;
- Incentivo para a captação e a absorção externa de tecnologias e ao estabelecimento de *joint ventures* em torno de produtos, tecnologias e seu desenvolvimento cooperativo; e
- Estabelecimento de núcleos de controle e certificação de qualidade de produtos, como parte intrínseca de uma ação permanente de promoção da qualidade como base de estratégias de *marketing* de um conjunto de empresas de base tecnológica (Enríquez, 2001: 10).

Em suma, em um SLI, o processo de inovação depende da capacidade da rede de instituições envolvidas em atividades coletivas de geração, absorção e incorporação de conhecimentos científicos, tecnológicos e mercadológicos em produtos, visando ampliar sua competitividade. Nesse ambiente, os parques científicos e tecnológicos têm papel estratégico, tanto pela sua composição física (delimitação de um espaço urbano e aproximação de empresas afins), quanto por comportar mecanismos de intercâmbio e cooperação institucional (parceria e apoio).

► 2. O Sistema Local de Inovação de Campinas: um ecossistema propício à inovação

A região de Campinas é um polo de P.D&I reconhecido nacional e internacionalmente, resultado da concentração de empresas inovadoras, proporcionalmente superior à média nacional, cuja instalação ocorreu simultaneamente ao estabelecimento de um expressivo número de importantes universidades e institutos de pesquisa.

Campinas constitui o núcleo central de acumulação econômica do país, com dina-

mismo econômico superior à maioria dos grandes centros urbanos. A renda *per capita* do município em 2008 foi de R\$ 27.789, maior em comparação ao do estado de São Paulo, cuja renda *per capita* nesse ano foi de R\$ 24.457 e muito superior à do Brasil, de R\$ 15.989. No mesmo ano, o Produto Interno Bruto (PIB) campineiro foi de R\$ 29,4 bilhões, aproximadamente 3,0% do estado de São Paulo.²

De 1997 a 2005, a região de Campinas foi um dos principais alvos de intenção de investimentos no Brasil, com cerca de US\$ 18,3 bilhões de dólares anunciados, o que representa 10% do valor apurado para todo o Estado de São Paulo, segundo Pesquisa de Investimentos Anunciados no Estado de São Paulo (PIESP), realizada pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (Fundação SEADE). Em 2010, foram anunciados US\$ 1,7 bilhões em investimentos para a região.

Atualmente, a Região Metropolitana de Campinas (RMC)³ abriga mais de 10.000 empresas de médio e grande porte, constituindo o segundo maior parque industrial do país, com um amplo leque de atividades produtivas, com destaque para automotiva, telecomunicações, eletrônica, informática e química fina. Grande parte dos investimentos é aplicada em setores mais dinâmicos, intensivos em tecnologia, principalmente agroindustriais e de serviços de apoio à produção. A maioria das indústrias foi instalada ao longo das principais rodovias brasileiras (Anhanguera, Bandeirantes, Dom Pedro I, Santos Dumont e Campinas-Mogi Mirim) e o maior volume de investimentos foi aplicado nas unidades fabris de informática e de montagem de aparelhos celulares, instaladas em municípios limítrofes ao município de Campinas (Jaguariúna, Indaiatuba, Hortolândia e Sumaré).

Cabe ressaltar, ainda, que a grande concentração industrial e, principalmente, a existência de setores tecnologicamente mais dinâmicos estão intimamente relacionados à presença de instituições de excelência em ensino e em pesquisa como a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp); a Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas); Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS); Instituto Agrônomo de Campinas (IAC); Instituto Biológico de Campinas (IB); Centro da Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI); Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (CPqD); Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL); Instituto de Zootecnia (IZ); unidades da EMBRAPA (Embrapa Informática Agropecuária, Embrapa Meio Ambiente, Embrapa Monitoramento por Satélite e Escritório de Transferência de Tecnologia – Campinas), Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), dentre outros (Pacheco; Cruz, 2004).

2 Dados do IBGE (2008), disponível em www.ibge.gov.br, acesso em 21/06/11.

3 A Região Metropolitana de Campinas, estabelecida em 2000, é composta por 19 municípios: Americana, Artur Nogueira, Campinas, Cosmópolis, Engenheiro Coelho, Holambra, Hortolândia, Indaiatuba, Itatiba, Jaguariúna, Monte Mor, Nova Odessa, Paulínia, Pedreira, Santa Bárbara d'Oeste, Santo Antonio de Posse, Sumaré, Valinhos e Vinhedo.

A promulgação da Lei nº. 10.176/2001, também conhecida como Lei de Informática, impulsionou a criação de diversos institutos privados de pesquisa, estruturados para receber os recursos gerados pelos incentivos fiscais. Dentre eles, o Centro de Pesquisas Avançadas Wernher Von Braun (1997), o Instituto Eldorado (1999), a FI-Tec, o Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA) e o Centro de Inovação Tecnológica Venturus. Esses institutos, somados aos departamentos de P&D de diversas grandes empresas⁴ e a uma miríade de pequenas empresas de base tecnológica, completam o atual mosaico de organizações dedicadas à pesquisa e à inovação presentes na região.

Atualmente, o município de Campinas é responsável por 1% do PIB nacional e por aproximadamente 15% de toda a produção científica brasileira. Nas últimas décadas, a região de Campinas aumentou a quantidade de patentes depositadas no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) e no *United States Patent and Trademark Office* (USPTO), totalizando, de 2000 a 2010, 66 concessões dos 567 depósitos realizados pela Agência de Inovação INOVA da UNICAMP. Esses dados indicam a tendência de crescimento das atividades locais relacionadas à C&T&I, embora a relação entre a produção de artigos/patentes e a inovação não seja linear.

A despeito dos aspectos positivos apresentados por Campinas e região para a implantação dos modernos empreendimentos de parques tecnológicos, constata-se grande morosidade na concretização de um efetivo SLI. Semelhante a muitas outras regiões brasileiras com alto potencial de inovação tecnológica e grande capacidade de produção científica e tecnológica, a rede de instituições tem dificuldades de se articular, obstada por interesses conflitantes e por períodos de maturação distintos. Apesar do conhecimento gerado pelas invenções patenteadas, há muitos entraves para que se efetivem em inovação tecnológica e potencializem a competitividade das empresas locais.

Nesse sentido, é necessária a adoção de uma política de ciência e tecnologia consistente e articulada à política industrial, capaz de coordenar ou estimular a interação entre instituições de variados *backgrounds* em um ecossistema efetivamente inovador, no caso da RMC, composto por mais de 250 empresas *startups*. O apoio institucional é imprescindível para gerar oportunidades de atuação de pesquisadores acadêmicos e empresariais em pesquisas pontuais ou em projetos de C&T&I que atenda as prioridades regionais de competitividade das empresas e do desenvolvimento ambiental, econômico e social.

A região de Campinas consolidou-se como um polo de alta tecnologia reconhecido internacionalmente, mas, semelhante a outras localidades nacionais, ainda precisam

4 Na RMC, de 1998 a 2002, as grandes empresas que mais investiram foram: no setor de telecomunicações a Tess/Claro, a Motorola, a Lucent e a Nortel; no setor de informática, a Compaq; automobilística, a Honda; eletrodoméstico, a BS/Continental; química, a Petrobrás/OPP e a Rhodia; e farmacêutica, a Prodome. (Pacheco; Cruz, 2004).

ser implantadas políticas públicas que estimulem a integração da cadeia do conhecimento ao processo de geração de inovação, de modernização das técnicas nos setores produtivos e de melhoria das condições de vida da sociedade local. O modelo nacional de transferência de tecnologia, basicamente realizado pelos Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT),⁵ é um elemento importante nesse processo, e principalmente, na integração desses atores, que muitas vezes tem linguagens, tempos e objetivos diferentes. Desse modo, compreensível a morosidade no processo de implantação dos *habitats* de inovação, cujo principal desafio é convergir os interesses comuns.

Para superar essas barreiras, além dos NITs, os parques científicos e tecnológicos constituem um interessante instrumento para estimular a geração e a disseminação de inovações, assunto a ser aprofundado nos próximos tópicos.

► 3. Parques tecnológicos e científicos de Campinas

Os parques tecnológicos e científicos são importantes instrumentos de política pública no desenvolvimento dos SLIs, na medida em que criam condições mais favoráveis ao intercâmbio de agentes públicos e privados fundamentais no processo de inovação (institutos de ciência e de tecnologia, universidades, empresas e sociedade). A ação conjunta desses atores favorece a “cultura da inovação”, estratégica para as empresas se manterem competitivas na economia mundial.

Com a regulamentação do SPTec, por meio do Decreto nº 50.504/2006, o governo do Estado de São Paulo estimulou a constituição de parques, desde que contemplassem os quesitos dirimidos no art. 3º (grifo nosso):

Os Parques Tecnológicos, para integrar o Sistema Paulista de Parques Tecnológicos, deverão contemplar os seguintes objetivos:

- i. Estimular o surgimento, o desenvolvimento, a competitividade e o aumento da produtividade de empresas, no âmbito do Estado de São Paulo, cujas atividades estejam fundadas no conhecimento e na inovação tecnológica;
- ii. **Incentivar a interação e a sinergia** entre empresas, instituições de pesquisa, universidades, instituições prestadoras de serviços ou de suporte às atividades intensivas em conhecimento e inovação tecnológica;
- iii. **Promover parcerias** entre instituições públicas e privadas envolvidas com a pesquisa científica, a inovação tecnológica inerente aos serviços e a infra-estrutura tecnológica de apoio à inovação;

5 No modelo americano, o PD&I ocorre prioritariamente na empresa, dispensando-se os agentes para transferência em boa parte dos processos de inovação. Para maiores detalhes sobre a atuação dos NITs, veja o capítulo 5: “Transferência de Tecnologia, Inovação Tecnológica e Desenvolvimento”.

- iv. Apoiar as atividades de pesquisa, desenvolvimento e de engenharia não-rotineira em empresas no Estado de São Paulo;
- v. Propiciar o desenvolvimento do Estado de São Paulo, por meio da atração de investimentos em atividades intensivas em conhecimento e inovação tecnológica.

A prefeitura ou entidade gestora do parque tecnológico que quiser obter o credenciamento provisório precisa comprovar a propriedade de uma área de no mínimo 200 mil m². Além disso, deve enviar o projeto básico do empreendimento (urbanístico, estudo de viabilidade técnica, financeira e técnico-científica) e cadastrar um documento de implantação do parque subscrito por empresas locais e instituições de ensino e pesquisa que terão participação no empreendimento como *stakeholders*.

A região de Campinas está entre as pioneiras na montagem de parques tecnológicos no Brasil com a criação da Companhia de Desenvolvimento do Polo de Alta Tecnologia de Campinas (CIATEC) em 1991, localizada próxima das principais universidades locais. Entretanto, o desenvolvimento do SLI campineiro enfrenta dificuldades de diálogo entre o governo local, os institutos de ciência e de tecnologia (ICTs), o setor empresarial e as demandas sociais, ou seja, em estabelecer a “cultura da inovação”.⁶

O SPTEc estimulou o credenciamento de três novos parques científicos e tecnológicos na região de Campinas (além do PCU, o CTI-TEC – Parque Tecnológico do CTI Renato Archer e o Parque Tecnológico do CPqD, conhecido como Pólis de Tecnologia) e fortaleceu o papel estratégico dos existentes (CIATEC e Techno Park). Cada parque instalado ou em fase de credenciamento tem sua especificidade e cumpre função distinta no SLI de Campinas. Os próximos tópicos apresentam as principais características dos parques instalados na região de Campinas, ressaltando o modelo de gestão.

3.1. Companhia de Desenvolvimento do Polo de Alta Tecnologia de Campinas (CIATEC – Polo I e II)

O Decreto Municipal nº 6.840/1991 instituiu a CIATEC como uma empresa municipal, de economia mista, tendo a Prefeitura Municipal de Campinas como acionista majoritária, responsável pela gestão e pela especificação das metas de atuação na C&T&I municipal.

O Polo I da CIATEC, localizado no Km 104 da Rodovia D. Pedro I, compreende 73 hectares, divididos em 49 lotes de terrenos com áreas entre 4.000 m² e 23.000 m², das quais apenas 30% estão ocupados.⁷ O Polo II situa-se em uma área de 8 milhões m², às margens da Rodovia SP-340, ao lado das universidades UNICAMP e PUCC, dos

⁶ Sobre a formulação das políticas de criação do Polo e Parque de Alta Tecnologia de Campinas, consultar Silva (2008), dentre outros.

⁷ A maior parte do terreno pertence à União, na disputa judicial pela posse com a antiga Ferrovia Paulista S/A (FEPASA S/A).

quais 3 milhões de m² estão ocupados com 36 empresas.⁸ O Plano Diretor da cidade de Campinas estabelece que esta área pertence à Macrozona 3 – Área de Urbanização Controlada, que exige as seguintes instalações: “eixo empresarial, eixo tecnológico, científico e de conhecimento, eixo institucional, área de preservação ambiental, área de suporte habitacional, área de hotelaria e convenções e área de esporte, lazer e entretenimento” (CIATEC, 2011).

A CIATEC beneficia as EBTs instaladas nos dois polos com os incentivos fiscais estabelecidos pela Lei municipal nº 12.653, instituída em 2006.⁹ Para usufruir dos benefícios, as empresas são enquadradas em um sistema de pontuação que determina o percentual de redução no valor do Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN), Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), Imposto de Transmissão de Bens Inter Vivos (ITBI) e isenção de taxas. Para se instalar na CIATEC, a empresa precisa cumprir pré-requisitos, como provar a realização de atividades em áreas consideradas de conteúdo tecnológico¹⁰ e apresentar as seguintes informações: nível de escolaridade dos sócios e empregados; recebimento de recursos de ICTs; possuir ou ter depositado requisições de propriedade industrial; e ser residente ou egressa de incubadoras. Todas essas declarações geram pontos que podem ser transformados em créditos fiscais.

A CIATEC incorpora uma das principais incubadoras de EBTs do Brasil, denominada Núcleo de Apoio ao Desenvolvimento de Empresas (NADE). Sua importância deve-se à integração com diversos ICTs e ao Serviço de Apoio a Micro e Pequena Empresa de São Paulo (SEBRAE-SP), o que aumenta a possibilidade de sobrevivência de micro e pequenas empresas de conteúdo estritamente tecnológico. O projeto NADE inovou ao adotar a Incubação Virtual, com a oferta de apoio sem exigir que as empresas nascentes se instalem fisicamente.

3.2. *Techno Park Campinas*

Condomínio de empresas criado na década de 1990, com localização estratégica junto ao entroncamento de três das mais importantes rodovias do Estado de São Paulo – Anhanguera, D. Pedro I e Bandeirantes. O empreendimento ocupa uma área de 524.000 m², sendo 70.000 m² de área verde. O condomínio abriga 65 empresas, que geram 3.500

8 Na área restante do Polo 2 do CIATEC, 1 milhão m² que pode ser comercializado e 4 milhões m² não podem ser usadas porque são Áreas de Preservação Permanente (APP) e áreas verdes. Atualmente estão instalados o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), a Fundação CPqD, dentre outras. Os bancos Itau-Unibanco e Santander adquiriram áreas para implantar os respectivos polos de tecnologia e de processamento no segundo semestre de 2012.

9 A Lei n. 12.653/2006 dispõe sobre a Concessão de Incentivos Fiscais para Empresas de Base Tecnológica no Município de Campinas.

10 Para que seja considerada de conteúdo tecnológico, as empresas devem ser prestadoras de serviços na área de informática e congêneres, de biotecnologia, biologia, química, pesquisa e desenvolvimento, eletrônica, mecânica, telecomunicações e áreas afins, além de concentrar suas atividades em produtos ou serviços tecnologicamente inovadores, de novas variedades ou em gerações atualizadas.

empregos e 2.500 visitas por dia (Techno Park, 2011).

A gestão do Techno Park é realizada pelo Grupo Dpaschoal, que estabelece uma estrutura empresarial, com participação majoritária do capital privado. Os incentivos fiscais oferecidos são os definidos pela lei municipal nº 12.653/2006, descritos supra.

O parque disponibiliza edifícios prontos para aluguel ou venda, sem definição do uso (unidade fabril ou mero escritório). As empresas instaladas atuam em segmentos diversos, como: Telecomunicações, Tecnologia da Informação, Processamento de Dados, *Outsourcing*, Biotecnologia, Bio-engenharia, Microeletrônica, Sensores, Equipamentos Industriais, Consultoria e Administração, Desenvolvimento de Software, Usinagem de Precisão, Mecânica, Centro de Distribuição e Logística, entre outros.

3.3. Parque Tecnológico do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI-TEC)

O CTI-TEC foi concebido pelo Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), unidade do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), seguindo as diretrizes orçamentárias e as metas da autarquia. A criação foi oficializada em outubro de 2010, com previsão de investimento na ordem de R\$ 15 milhões. Na primeira etapa está prevista a construção de cinco prédios no campus do CTI para abrigar até 16 empresas, prioritariamente, da área de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e seus componentes (microeletrônica, *softwares*, semicondutores e *displays*).

O objetivo é estabelecer parcerias entre uma Instituição de Ciência e Tecnologia (ICT), no caso o próprio CTI, e o setor produtivo da área de TIC, que por meio do compartilhamento de infraestrutura laboratorial, conhecimento e competências, tecnologias e serviços de alto conteúdo tecnológico. Entende-se que essas parcerias criam um ecossistema favorável à transformação de parte das inúmeras invenções geradas no CTI em inovações apropriáveis por empresas e pela sociedade como um todo. É importante ressaltar que o CTI já interage com o ambiente empresarial, sendo que em 2010 prestou serviços tecnológicos e de transferência de conhecimento para 135 empresas, nas áreas de “prototipagem rápida, análise de falhas e ensaios de confiabilidade de hardware, reparos e retrabalhos de displays, melhoria de processo e qualidade de software, aplicação de *benchmarking* industrial e produção de máscaras litográficas” (Folder de apresentação do CTI-TEC, 2011).

3.4. Pólis de Tecnologia (Parque Tecnológico do CPqD)

O Parque Tecnológico da Fundação Centro de Pesquisa e de Desenvolvimento em Telecomunicações (Fundação CPqD) – conhecido como Pólis de Tecnologia – conseguiu o credenciamento provisório em 2010. O complexo empresarial administrado pela Fundação CPqD incorpora mais 14 empresas de tecnologia da informação e de comu-

nicação¹¹ em uma área de 360.000 m², na rodovia que liga Campinas a Mogi-Mirim (SP-340). O credenciamento do Pólis de Tecnologia habilitou-o a receber incentivos fiscais e aporte financeiro estadual para ser aplicado em infraestrutura, aquisição de equipamentos e realização de estudos, ampliando as possibilidades de atrair empresas que operam alta tecnologia e de aprimoramento da competitividade de empresas locais.

3.5. Parque Científico da UNICAMP (PCU)

O PCU tem caráter predominantemente científico, com a finalidade principal de ampliar a interação da UNICAMP com os sistemas nacionais e regionais de C&T&I, por meio de pesquisas colaborativas e multidisciplinares com organizações públicas e privadas.

O parque foi criado a partir das Deliberações internas da UNICAMP CAD A-01/2010 e CONSU 002/2010, que definem os seguintes objetivos para o PCU:

- i. Ampliar as oportunidades de formação de alunos, através da valorização da pesquisa aplicada e de empreendimentos nascentes inovadores;
- ii. Estimular, selecionar e acolher projetos inovadores em parceria com grupos de pesquisa e pesquisadores da UNICAMP;
- iii. Propiciar a infraestrutura adequada para a residência temporária dos projetos inovadores, em suas instalações;
- iv. Apoiar projetos da comunidade acadêmica da Universidade pré-incubados com potencial de gerar negócios inovadores.

O PCU está pré-credenciado no SPTEC e tem previsão de instalar-se em uma área de 1 milhão m² em sua estrutura final. A primeira fase de construção foi iniciada em maio de 2011, com o projeto de construir 2.750 m² em parceria com o Governo do Estado de São Paulo. Nesse espaço estava prevista a instalação do centro administrativo e do novo prédio da Incubadora de Empresas de Base Tecnológica da UNICAMP (INCAMP), possibilitando ampliar de nove para 48 o número de EBTs incubadas. O projeto completo inclui laboratórios de P&D em parceria com a UNICAMP, financiados por empresas e outras instituições públicas e privadas inovadoras.

A UNICAMP conta com um importante conjunto de centros, núcleos e laboratórios de pesquisas em todas as áreas acadêmicas, muitos dos quais com destacada participação na produção científica dos grupos de pesquisa, no estabelecimento de parcerias com setores públicos e privados, bem como na produção de novos conheci-

11 Empresas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), como: Trópico, Padtec, Ci&T, Matera Systems, Dextra Sistemas, Schweitzer Engineering Laboratories, Sensedia, CoffeeBean, ComSoft, WxBR, Já!, Elabora, TeleDesign e Thorus Scisoft, além do próprio CPqD.

mentos e tecnologia e na sua transferência a diversos setores produtivos.

De acordo com os dados do Anuário Estatístico da UNICAMP de 2011, em 2010 a universidade tinha 31.654 alunos matriculados em 66 cursos de graduação e 144 programas de pós-graduação em seus *campi* de Campinas, Piracicaba, Paulínia e Limeira. Quase a totalidade (98%) dos 1.750 docentes tem titulação mínima de doutor e mantém densa produção científica.

No que se refere aos indicadores de qualidade da pós-graduação, a UNICAMP responde por cerca de 10% das teses e dissertações do país: 1.245 dissertações de mestrado e 826 teses de doutorado defendidas em 2010. Aumentaram em mais de 50% os cursos de pós-graduação com nível de excelência, conforme avaliação trienal (2004-2006) da Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES). No que diz respeito à propriedade intelectual, desde 1984 a universidade realiza depósitos e atualmente é a instituição com maior quantidade de pedidos de patentes requerida no INPI.

O projeto de criação do PCU é resultado das atividades dos diversos centros de pesquisa acadêmica, ao incentivar a inovação baseada no conhecimento gerado pela universidade. De acordo com a Deliberação de Criação, o PCU pertence à estrutura organizacional da Agência de Inovação INOVA da Unicamp.

A INOVA foi criada em 2003 com a missão de “fortalecer as parcerias da UNICAMP com empresas, órgãos de governo e demais organizações da sociedade civil, criando oportunidades para que as atividades de ensino e pesquisa se beneficiem dessas interações e contribua para o desenvolvimento econômico e social do País”. Possui como objetivos (grifo nosso):

- **Estimular parcerias** com empresas e órgãos públicos, dar apoio técnico na preparação de projetos cooperativos e em acordos entre a Universidade e seus parceiros e atuar na divulgação e difusão do conhecimento gerado na UNICAMP;
- **Estabelecer parcerias estratégicas**, orientadas para o médio e longo prazo, com empresas e entidades públicas e privadas intensivas em inovação e conhecimento;
- Estimular a **ação conjunta da UNICAMP com entidades públicas e privadas** na área de formação de recursos humanos, nas suas diversas modalidades, fortalecendo os laços da Universidade com seus parceiros;
- Coordenar as ações da UNICAMP e atuar **em conjunto com órgãos municipais, estaduais e nacionais**, com o objetivo de desenvolver e implantar o Parque Tecnológico de Campinas;
- Apoiar e estimular novas empresas de base tecnológica e aprimorar o papel da Incubadora de Empresas de Base Tecnológicas da UNICAMP; e
- Implementar a política de propriedade intelectual da UNICAMP, aprovada pelos órgãos superiores, apoiando o registro, licenciamento e comercialização de resultados de pesquisas e difusão de conhecimento gerado na Universidade (Inova, 2011).

No momento de sua criação, a INOVA UNICAMP incorporou a Incubadora de Empresas de Base Tecnológica da UNICAMP (INCAMP), que visava manter uma estrutura propícia ao surgimento de novas empresas de base tecnológica e incentivar o empreendedorismo. Desde sua criação, em 2001, a INCAMP graduou mais de 30 empresas, com taxa de mortalidade de 16%, semelhante à média das demais Incubadoras nacionais.

► 4. A importância do PCU para o desenvolvimento regional

O PCU se diferencia dos demais parques locais, primeiramente, por ser o único com perfil predominantemente científico, gestado pela UNICAMP, por meio da INOVA, agência de incentivo à inovação e à transferência tecnológica no meio acadêmico.

A INOVA não delimita os setores econômicos de atuação das empresas para se instalarem no PCU, mas recomenda que sejam vinculadas à pesquisa e à inovação gerada pelos centros de pesquisa do campus. Desse modo, o PCU define outro diferencial, que é a capacidade de articular a pesquisa básica e aplicada das diversas áreas do conhecimento, as empresas instaladas nos limites do campus e da comunidade regional.

Tendo em vista que a pesquisa acadêmica e o meio empresarial têm realidades e ritmos distintos, o PCU tem o papel estratégico de sintonizar os compassos, na medida em que aumenta a oportunidade de atuação dos professores e dos alunos em projetos coerentes com a realidade empresarial, imprescindível para o desenvolvimento e a consolidação do SLI de Campinas.

A universidade, segundo Eitzkowitz (2009), além de sua missão central de transmitir conhecimento, deve assumir o papel empreendedor na medida em que estimula as investigações críticas, promove a transferência de tecnologia, incuba empresas nascentes, atrai capital de risco e conduz esforços de renovação e de sustentabilidade regional.

Com a instalação do parque, a UNICAMP mostra-se disposta a uma transformação interna em prol da “cultura da inovação”, no sentido de criar uma nova dinâmica de relacionamento entre universos com valores distintos, discutindo o que realmente é adequado para a região. Sem prejuízo de seu compromisso acadêmico tradicional, a universidade aceita o desafio de promover a formação permanente de empresas baseadas em tecnologias avançadas, ampliando sua atuação no processo de inovação.

► 5. Considerações finais

As características econômicas e a rede de instituições geradoras de conhecimento científico transformaram o SLI de Campinas em um ecossistema propício à inovação. Entretanto, semelhante a outras localidades nacionais com grande capacidade de geração de inovação, o SLI de Campinas ainda apresenta certa morosidade no processo de sintonização entre os diversos atores institucionais, o que demanda políticas

públicas que estimulem a interação entre a cadeia do conhecimento, a modernização tecnológica no setor produtivo e os anseios da sociedade local.

Diante dos obstáculos para a consolidação dos SLI, os parques científicos e tecnológicos assumiram papel importante na constituição de um *locus* privilegiado de articulação institucional, promoção de PD&I e do potencial competitivo do setor empresarial. Os parques instalados no SLI de Campinas têm modelos de gestão e objetivos díspares, mas enriquecedores na medida em que são complementares. Esses foram favorecidos pelo SPTEC e pelo programa “Pró-Parques” de incentivos fiscais do governo estadual, o que estimulou o pré-credenciamento de novos projetos, dos quais se destaca o Parque Científico da UNICAMP (PCU).

O PCU tem a proposta de posicionar a UNICAMP como força motriz de atividades empreendedoras no SLI de Campinas, criando maior vínculo dos núcleos avançados da universidade com as estratégias produtivas e importantes setores da sociedade. Devido ao caráter científico, esse parque tem o objetivo de abrigar empresas que estabeleçam fortes laços com o meio acadêmico e se comprometam com o desenvolvimento social local, ou seja, o PCU propõe uma nova alternativa de interação entre os atores institucionais do SLI de Campinas.

► REFERÊNCIAS

- CASSIOLATO, J. E., PAGOLA, C.; LASTRES, H. M. M. *Technical change and structural inequalities: converging approaches about problems of underdevelopment*. In DRECHSLER, W., REINERT, E.; KATTEL, R. (eds) **Techno-Economic Paradigms: Essays in Honour of Carlota Perez**, London: Anthem Press, 2009.
- CIATEC, 2011 (disponível em <http://www.ciatec.org.br>, acesso em 27/07/11).
- ENRIQUEZ, V. Gonzalo. *A trajetória Tecnológica dos Produtos Naturais e Biotecnológicos Derivados na Amazônia*. Ed. Núcleo do Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Mimeo, 2001.
- ETZKOWITZ, H. *Hélice Tríplice: universidade-indústria-governo: inovação em movimento*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009.
- INOVA, 2011. (www.inova.unicamp.br/paginas/visualiza_conteudo.php?conteudo=2, acesso em 06/10/11).
- IPEA, IBGE, NESUR (IE – UNICAMP) – *Caracterização e Tendências da Rede Urbana do Brasil*. Ed. UNICAMP, Campinas, SP, 1999.
- IPT – Instituto de pesquisas tecnológicas do estado de São Paulo. *Agenda de competitividade para a economia paulista*. São Paulo: 2º ed., 2007.
- LOTUFO, R.A. *A institucionalização de Núcleos de Inovação Tecnológica e a experiência da Inova Unicamp*. In: **Transferência de Tecnologia: estratégias para estruturação e gestão de núcleos de inovação tecnológica**. Campinas: Komed, 2009.p. 41-73.
- MOREIRA, B.; SANTOS, E.; PEREIRA, G. & MAMAO, G. *Onde está a inovação no Brasil?*

- Instituto de Inovação, 2007. Disponível em: http://www.institutoinovacao.com.br/downloads/Onde_esta_a_inovacao_no_Brasil-2007.pdf. (acesso em dezembro de 2008)
- OLIVEIRA NETO, E. *A importância dos parques científicos e tecnológicos no desenvolvimento regional*. (<http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/a-importancia-dos-parques-cientificos-e-tecnologicos-no-desenvolvimento-regional/51430/>, disponibilizado em jan./2011, acesso em 24/07/2011).
- PACHECO, C.; CRUZ, C. *Campinas: Vocações Regionais*. 2004
- STEINER, J. E., CASSIM, M. B., ROBAZZI, A. C. *Parques Tecnológicos: Ambientes de Inovação*. Instituto de Estudos Avançados da USP, arquivo PDF, sem data. Disponível em: www.iea.usp.br/artigos. acesso em jan/2010.
- SALLES-FILHO, S. L. M. et al. *Domínio de Ciência e Tecnologia do Parque Tecnológico da RMC*. Versão para discussão 30-12-2204. Mimeo, 2004.
- VEDOVELLO, C. *Aspectos Relevantes de Parques Tecnológicos e Incubadoras de Empresas*. *Revista do BNDES*. Rio de Janeiro, v. 7, n. 14, p. 273-300, dez. 2000.
- LALKAKA, R. (1990). *Overall Planning of Minas Gerais Biotechnology Incubator*. In: **Report for Fundação Biominas**, Belo Horizonte, MG: March.
- SILVA, R. *Polo e Parque de Alta Tecnologia de Campinas: uma análise da política pública*. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) – UNICAMP, Campinas, 2008.
- SPOLIDORO, R. *Sociedade do conhecimento e seus impactos no meio urbano*. In: MEDEIROS, L. A. & PALADINO, G.G. **Parques Tecnológicos e Meio Urbano**: Artigos e Debates. Brasília, DF: ANPROTEC, p. 11-54, 1997.
- TECHNO PARK (2011) (<http://www.technopark.com.br/>, acesso em 12/10/2011).



SEÇÃO III

SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA ELETRÔNICA:
LEGISLAÇÃO, DESAFIOS E OPORTUNIDADES



CAPÍTULO 6

Políticas setoriais de fomento à indústria microeletrônica no Brasil: descrição e resultados

Ana Karina da Silva Bueno

► Introdução

O COMPLEXO ELETRÔNICO engloba um conjunto de indústrias que possuem em comum a mesma base técnica formada principalmente por microeletrônica e *software*, com características e dinâmicas próprias. Neste complexo estão as seguintes indústrias: informática, equipamentos para telecomunicações, componentes e bens eletrônicos de consumo, software e serviços associados (Gutierrez, 2010).

A indústria eletrônica mundial é extremamente dinâmica, apresentando uma taxa média de crescimento de 7% ao ano, superior ao de outras indústrias de fronteira tecnológica, como as indústrias aeroespacial, farmacêutica e automotiva, que tiveram um crescimento destacado no período de 1996 a 2006. O mercado mundial do complexo eletrônico foi estimado em € 1,136 trilhão em 2008 (Decision, 2009 apud Gutierrez, 2010).

Contudo, tanto a produção como o consumo desses produtos são extremamente concentrados. A Europa concentra 22% da produção mundial, seguido da América do Norte com 18% e do Japão com 15%. A China concentra 26% e outros países asiáticos estão com 16% da produção mundial. O restante do mundo possui apenas 3%. Já no âmbito do mercado consumidor de bens eletrônicos, a Europa consome 32% dos produtos fabricados, seguido da América do Norte com 27%. O Japão ocupa a terceira posição no consumo global, consumindo 12% dos equipamentos eletrônicos; a China concentra 10% do mercado consumidor, sendo a mesma porcentagem dos

outros países asiáticos, e o resto do mundo consome 9% dos equipamentos eletrônicos (Gutierrez, 2010: 09).

O Brasil se destaca neste universo “[...] como país produtor de cerca de 2% a 2,3% do total, na décima posição no ranking da OCDE para os produtores de eletrônicos” (Bampi, 2008/2009).

No plano global do complexo eletrônico, o Brasil tem posição um pouco mais significativa como mercado consumidor, pela importação de componentes, peças e submontagens (Bampi, 2009: 214). Contudo, o complexo eletrônico brasileiro pode ser classificado como indústria montadora de *kits* importados de alguns produtos de massa para atender o mercado interno sem competitividade internacional (Bampi, 2009: 233). Na indústria eletrônica do Brasil existe a fortíssima tendência de incremento progressivo da penetração de importações dos componentes eletrônicos.¹ A demanda interna por estes componentes é suprida via importações, realizada diretamente pelos outros subsistemas produtores de bens finais, eletrônicos ou não, resultando em déficits estruturais anuais na balança comercial do segmento (Bampi, 2008/2009).

Os dados da PIA/IBGE deixam claro que o setor de componentes eletrônicos é o elo mais ausente na cadeia produtiva da indústria eletrônica no Brasil. A análise destes dados indicam que “o valor da transformação industrial neste setor é muito pequeno, de cerca de R\$ 1 bilhão apenas, comparado ao total do sistema da indústria eletrônica, de R\$ 25,6 bilhões no mesmo ano” (Bampi, 2008/2009: 83).

Se considerarmos os indicadores de emprego e produção,

[...] contribuíram 326 empresas fabricantes de material eletrônico básico, com a ocupação de aproximadamente 16 mil pessoas. Dasquelas empresas, apenas 50 são associadas à ABINEE e 11 destas são empresas com mais de 500 empregados [...]. Acresce ainda que as empresas que atuam no segmento dos componentes tecnologicamente mais dinâmicos, os componentes semicondutores, são em número inexpressivo, da ordem de cinco empresas industriais apenas. A grande maioria das empresas produz componentes eletrônicos passivos, componentes elétricos, componentes ópticos especializados e

1 Os componentes eletrônicos estão organizados em cinco categorias: a) Circuitos integrados baseados em semicondutores; b) Componentes semicondutores discretos (diodos e transistores, inclusive os foto-emissores e fotodetectores); c) Componentes passivos (resistores, capacitores e indutores) discretos; d) Mostradores (cinescópios, válvulas, mostradores do tipo LCD, displays a plasma, eletroluminescentes) e) Outros (circuitos impressos, componentes submontados, etc). No caso dos componentes não semicondutores, a etapa de *design* do sistema é simples que não requer investimentos significativos, por ser muito menos onerosa e complexa do que a dos componentes circuitos integrados. (Bampi, 2008/2009). Vale acrescentar que os componentes discretos têm mercado próprio, sem possibilidade de substituição pelos circuitos integrados (Gutierrez, 2009). Neste capítulo será discutida somente a produção dos componentes de circuito integrado, em função de sua capacidade de desencadear avanços tecnológicos em todos os setores da economia.

principalmente submontagens eletrônicas (ou também montagem de kits que entram na produção do bem final) – utilizando outros componentes eletrônicos como insumos – que são por sua vez também consideradas componentes eletrônicos. Em síntese, as empresas produtoras de material eletrônico básico no Brasil têm inexpressiva participação no valor da transformação, na receita líquida, no emprego e no investimento da indústria eletrônica. O setor de componentes eletrônicos (que exclui os componentes industriais eletromecânicos, por exemplo) destoa no cenário da indústria por sua fragilidade e pouca expressão. O valor da transformação industrial (VTI) deste subsistema é muito baixo e representa apenas 3,9% do valor total da transformação da indústria eletrônica no Brasil. Representa 0,15% e 0,16% do VTI e da receita líquida, respectivamente, de todas as indústrias e sistemas produtivos pesquisados no Estudo Perspectivas de Investimento no Brasil (PIB) (Bampi, 2008/2009: 83).

Vale ressaltar que, considerando a balança comercial do segmento de componentes, os circuitos integrados, somados com os mostradores de informações como LCDs, representaram mais de 78,3% das importações de componentes eletrônicos para o Brasil em 2007 (Bampi, 2008/2009).

O saldo deficitário da balança comercial mostra que a importação maciça dos circuitos integrados ocorre fundamentalmente por que não há fabricação destes componentes em escala no país. Estima-se que a participação das poucas empresas atuantes em componentes semicondutores representa cerca de 0,2% do faturamento da indústria eletroeletrônica no Brasil (Bampi, 2004).

Os elevados *déficits* estruturais dos componentes semicondutores² revelam deficiência da produção local destes componentes e a necessidade de se internalizar a produção destes componentes no país.

A política industrial do Brasil nesta área tem sido direcionada pelo Programa Nacional de Microeletrônica – *Design* elaborado no ano de 2002 e reforçado em 2004, ano em que a indústria de semicondutores foi elencada como estratégica pela Política Industrial e Tecnológica de Comércio Exterior (PITCE). Além disso, o Plano de Ação de Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional 2007-2010 (PACTI) e a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP) de 2008 também reforçaram a indústria de semicondutores como estratégica para o desenvolvimento tecnológico nacional.

Os principais programas organizados pelo governo federal para concretizar as propostas do Programa Nacional de Microeletrônica – *Design* foram o Programa CI-Brasil, anunciado em 2005, que tem como objetivo a formação e capacitação de recursos humanos e a criação das companhias de projeto (*design houses*) de circuitos integrados. Também são importantes o Instituto Nacional de Sistemas Micro e Na-

2 Para obter informações sobre o *déficit* na balança comercial do segmento de semicondutores e demais componentes eletrônicos vide: Carvalho (2006); Campanario et al (2009); Gutierrez (2009), Bampi (2008/2009).

noeletrônicos (INCT-Namitec), formado em 2008, e o Centro de Excelência em Tecnologia Eletrônica Avançada (Ceitec), que contempla um centro de *design* de chips e a implantação de uma fábrica de chips no Brasil (Ceitec S.A).

Diante do desafio exposto, o objetivo do presente capítulo é descrever as políticas governamentais para a internalização da indústria da microeletrônica no país, destacando os principais programas e ações, bem como os avanços realizados por estas políticas, apresentando resultados de uma série de entrevistas realizada com 13 especialistas desta área no país. O presente capítulo está organizado em cinco itens: o primeiro item traz uma breve descrição da cadeia de valor da indústria de semicondutores; o segundo item descreve as principais políticas governamentais de incentivo à área de microeletrônica; o terceiro item apresenta o resultado das entrevistas com especialistas na área de microeletrônica, avaliando a implementação do Programa Nacional de Microeletrônica; o quarto item dedica-se às considerações finais.

► 1. A cadeia de valor da indústria de semicondutores

Os componentes semicondutores estão presentes em uma ampla gama de bens finais e são responsáveis pelas suas funcionalidades, o que lhes dá grande importância na cadeia produtiva do complexo eletrônico. Também podem ser indiretamente embarcados, na maquinaria e componentes que produzem os bens finais de outras cadeias produtivas, como por exemplo, na indústria automobilística, na produção têxtil, etc.

Os termos “semicondutor”, “*chip*” e componentes microeletrônicos são comumente utilizados como sinônimos de circuitos integrados.³ A indústria de semicondutores representa pelo menos 70% do mercado mundial desse tipo de componente (SBMicro, 2006). Essa indústria movimentou US\$ 255 bilhões em 2008 (Gutierrez e Mendes, 2009), e é a segunda indústria que possui a maior margem de lucro em suas operações, cerca de 20%, superada somente pela indústria farmacêutica (Carvalho, 2006).

Até os anos 1960 a indústria mundial de *chips*, era totalmente verticalizada, ou seja, as empresas de manufatura integrada (IDM-*Integrated Devices Manufacturers*) realizavam todas as etapas da cadeia produtiva dos semicondutores: concepção do produto; projeto (*design*) do componente; fabricação (por meio do processamento físico-químico do *wafer*,⁴ etapa denominada de *front-end*); encapsulamento e teste (montagem, etapa denominada de *back-end*) e serviço ao cliente.

A terceirização da fabricação tem suas origens na década de 1970, quando diversas IDMs começaram a realizar operações de montagem final e testes na Ásia, devido ao crescente custo de instalações das fábricas integradas para a produção de semicondu-

3 Para entender a classificação dos semicondutores vide Carvalho (2006) e Gutierrez & Mendes (2009).

4 Wafer é a placa ou bolacha de substrato semicondutor de algumas micras de espessura no qual são construídos os componentes microeletrônicos.

tores, que significam elevados riscos, devido a vários fatores, entre outros, a forte instabilidade característica desta indústria, atrelada as variações cíclicas da economia que criam incertezas sobre a demanda futura (Carvalho, 2006; Bampi, 2008/2009).

A especialização de firmas em segmentos específicos dos elos da cadeia de produção possibilitou a exploração das economias de escala (com redução nos custos de produção e da capacidade ociosa)⁵ como forma de aumentar suas margens de lucro. Cada uma dessas etapas requer diferentes níveis de conhecimento científico e tecnológico, diferentes volumes de investimentos e agregam diferentes níveis de valor ao produto⁶ (Gutierrez & Mendes, 2009; Carvalho, 2006; Campanario et al, 2009).⁷

A indústria de semicondutores passou de um modelo de produção verticalizada para um arranjo produtivo onde empresas especializadas atuam em segmentos específicos da cadeia de valor, criando uma rede de fornecedores e compradores também especializados para as suas operações (Saxenian, 1990).

Nesta nova forma de organização da produção, caracterizada pela separação das atividades de projetos das atividades de manufatura dos circuitos integrados, foram abertas oportunidades para novos entrantes na cadeia de valor da indústria de semicondutores, decorrentes da demanda por novas competências e capacidades criada por este novo modelo. Na Ásia o governo de Taiwan, em parceria com a Philips, fundou, em 1985 a “*Taiwan Semiconductor Manufacture Company*” (TSMC). Outras *foundries* surgiram na região, servindo como alternativa de fabricação em tecnologias defasadas do *leading edge* (tecnologias de ponta) de uma ou mais gerações (Gutierrez & Mendes, 2009). Com o passar dos anos a Ásia se tornou um local de grandes operações.

A partir da TSMC, as atividades de projeto se separaram das atividades de fabricação, inaugurando uma nova forma de organização da produção industrial dos semi-

5 Segundo Bampi (2008/2009: 96) “as plantas industriais do estado-da-arte e para os volumes requeridos para amortização do investimento são caras e devem operar utilizando mais de 90% da capacidade para manter-se lucrativas. A natureza cíclica do negócio de circuitos integrados e o curto ciclo de vida dos produtos eletrônicos de ponta, por exemplo, agravam esta incerteza. A flutuação dos preços de *chips* de memórias, e sua constante erosão, atestam que o risco de manter esta alta capacidade ocupada tem beneficiado os fabricantes e usuários dos bens finais. A indústria experimenta expansão, com erosão de lucratividade muita rápida em produtos não diferenciados, dito *commodities* como as memórias”.

6 Cada etapa de produção contribui para as receitas finais da indústria com a seguinte participação: *design* e seus serviços associados: 18% das receitas; fabricação de *wafers* : 64%; encapsulamento (*back-end*) e serviços de teste : 12%; serviços ao cliente e engenharia de aplicações : 6% (BNDES, 2003).

7 Na cadeia global de circuitos integrados as empresas participantes realizam uma ou mais etapas da produção. Somente as empresas líderes no cenário global, que atuam como IDMs, produzem em todas as etapas da produção. As dez maiores IDMs em vendas (bilhões de US\$) no ano de 2008, foram as seguintes: Intel (34,1), Samsung (17,9) Texas Instruments, (11,5), Toshiba (11,5), ST Microeletronic (10,7), Renesas Techn. (7,86), Sony (7,05), Qulacomm (6,72), Hynix (6,42), Infineon Techn (6,31) (Isuppli, 2008 apud Bampi 2008/2009).

condutores, denominada de *dedicated foundry*.⁸

A flexibilização da produção vertical levou à reorganização das estratégias de negócio das empresas líderes no sentido de auferir uma oferta maior de empresas prestadoras de serviços/insumos/produtos, significando uma ruptura com os fornecedores tradicionais da cadeia de valor da estrutura verticalizada, o que exigiu novas competências e capacidades. Neste sentido, a especialização em determinados segmentos, possibilitados pela especialização vertical,

[...] é uma resposta às mudanças na dinâmica competitiva das indústrias, particularmente relacionadas com as atividades de inovação que requerem investimentos pesados em atividade de P&D, ciclos de produto mais curtos e de maior complexidade, custos elevados de produção, além de mudanças nas exigências dos usuários finais (Sturgeon, 2000 apud Carvalho, 2006: 16).

A cooperação entre empresas dos diversos segmentos da cadeia de valor da indústria de semicondutores atende às novas condições de competição, com empresas focadas em mercados específicos.

As empresas atuantes nos diversos estágios necessários para a produção dos semicondutores formam uma rede de interações cooperativas. A consolidação das empresas, com suas respectivas competências, em cada elo da cadeia de valor da indústria de semicondutores possibilita que a aliança tecnológica entre estes elos da cadeia seja um dos caminhos que vem sendo trilhados por esta indústria para enfrentar os altos riscos e crescentes gastos de inovação com P&D.

As fabricantes dedicadas (*dedicated foundries*) são as empresas que realizam a produção dos semicondutores (processos de produção físico-química dos componentes), especificamente atendendo as demandas de outras empresas. Com o crescimento da atuação destas *foundries* na indústria mundial, surgiu uma demanda crescente pelos serviços de projetos (*design*) de circuitos integrados, criando um grande mercado por projetos de semicondutores. Houve ainda uma redução das barreiras para a entrada na indústria de empresas especializadas no projeto dos circuitos integrados. Isso ocorreu uma vez que as empresas especializadas em *design* não necessitavam mais de grandes investimentos para implantar-se neste segmento, devido às baixas barreiras econômicas e tecnologias à entrada, principalmente em aplicações específicas (*ASIC-Application Specific Integrated Circuit*) (Carvalho, 2006).

8 As empresas que atuam estritamente como *foundries* não detêm a marca dos chips que fabricam (Bampi, 2008/2009). O mercado mundial de *foundries* dedicadas estava distribuído, no ano 2008 de acordo com as seguintes porcentagens: a TSMC (Taiwan) possui 47,2% do mercado; seguido da UMC (Taiwan) com 13,2%. Na terceira posição está a Chartered (Cingapura) com 7,8% do mercado, a quarta posição pertence a SMIC (China) com 6,0% do mercado. A IBM Microelectronics (EUA) ocupa a quinta posição e as demais *foundries* possuem 23,3% do mercado (Gutierrez, 2009).

A viabilização das *dedicated foundries* também permitiu a existência de empresas *fabless* e das demais empresas especializadas da cadeia de produção de semicondutores. As *fabless*⁹ são empresas que não possuem uma planta produtiva para a manufatura dos semicondutores, mas que realizam todas as atividades, da concepção do circuito integrado ao serviço ao cliente do produto, terceirizando a fabricação (*front end*) e montagem (*back-end*) do componente. Dessa maneira, as *fabless* gerenciam todas as atividades executadas pela cadeia de valor mantendo a independência das empresas, ampliando sua interação desde o projeto, passando pelos fabricantes de equipamentos até o mercado final (Carvalho, 2006; Gutierrez & Mendes, 2009).

Nos anos 80, a crescente complexidade dos projetos de semicondutores tornou necessária a criação de ferramentas automáticas para o desenvolvimento de projetos, motivando a formação de empresas especializadas no fornecimento dessas ferramentas, as empresas de EDA (*Electronic Design Automation*). Em 1989 foi formado o *EDA Consortium*, reunindo as novas empresas de ferramentas de projeto de semicondutores. Estima-se que o mercado de projetos de semicondutores tem movimentado cerca de US\$ 3 bilhões ao ano. (Gutierrez & Mendes, 2009).

Outro grupo de empresas atuantes na cadeia produtiva de circuitos integrados são as empresas de ATS (*Assembly & Test Services*), que realizam a última etapa do processo de produção (*back-end*) dos *chips*, em atividades relacionadas ao encapsulamento e testes finais. Essas empresas representam uma parcela menor na agregação de valor aos semicondutores, e têm como principais clientes as IDMs e as *fabless* (Carvalho, 2006).

Nos anos 90, a especialização entre os elos da cadeia de produção se ampliou ainda mais na indústria de semicondutores, surgindo então as empresas *chipless*, especializadas na comercialização dos direitos de propriedade intelectual dos semicondutores (tecnologias, arquiteturas, *softwares* e projeto dos circuitos) e comercialização de bibliotecas de soluções tecnológicas específicas (Carvalho, 2006). Estas empresas de propriedade intelectual em silício (SIP), desenvolvem células de projetos, chamados *IP cores*, e as licenciam ou vendem a terceiros, como IDMs, empresas *fabless* ou ainda *design houses*, podendo ser remuneradas por meio de *royalties* ou outras formas de pagamento (Gutierrez & Mendes, 2009).

Esta permanente reconfiguração da organização produtiva das empresas envolvidas na produção de semicondutores é uma evidência do seu alto dinamismo, complexidade tecnológica e do crescimento do setor, já que novas demandas por serviços surgem continuamente, bem como novos ofertantes (empresas especializadas em seg-

9 As dez maiores empresas mundiais *fabless* no ano de 2004, de acordo com o critério de vendas em milhões de dólares, são as seguintes: Qualcomm (Califórnia) 3.224,0; Broadcom (Califórnia) 2.400,6; ATI Technologies (Canadá) 2.140,9; Nvidia (Califórnia) 2.010,0; SanDisk (Califórnia) 1.777,01; Xilinx (Califórnia) 1.588,7; Media Tek (Taiwan) 1.252,5; Marvell Semiconductor (Califórnia) 1.224,6; Altera (Califórnia) 1.016,4 e Conexant (Califórnia) 914,6 (Carvalho, 2006).

mentos emergentes, como as *chipless* dos anos 90 e as *foundries* e *fabless* da década de 80) (Carvalho, 2006).

Os comandantes da cadeia produtiva, onde há maior agregação de valor devido aos significativos investimentos necessários¹⁰ para a capacitação tecnológica e geração de empregos, são as IDMs e as *foundries*. Em torno destas empresas transitam as demais empresas responsáveis por algum processo de fabricação dos semicondutores.

Na cadeia global, as empresas líderes da cadeia de semicondutores controlam e coordenam a produção transfronteiriça. Esta produção é realizada por subsidiárias próprias e/ou firmas associadas ou subcontratadas, situadas em diversas etapas da cadeia, e trabalhando em conjunto para fazer os produtos, serviços ou sistemas ofertados pela firma líder da cadeia. O controle da cadeia ocorre através do seu poder de compra e/ou domínio de atividades estratégicas como pesquisa e desenvolvimento, *design*, logística, marketing, marcas, especificações e/ou controle dos mercados. As empresas dos países em desenvolvimento entram nas cadeias como subcontratadas para tarefas específicas. Para elas, o acesso ao mercado mundial não se dá pela venda de novos produtos e, sim, pela participação em cadeias dos produtos das firmas que conjuntamente fazem o desenho, produção, marketing e vendas. Essa participação em cadeias globais abre oportunidades e desafios para o seu aprimoramento e crescimento (Bampi, 2008/2009).

Na etapa de concepção, *design* da engenharia do produto, onde se especificam as funcionalidades do produto final, existem fortes mecanismos de interação e aprendizado constante com as empresas que fazem projeto (OEM ou ODM – *original equipment* ou *original design manufacturers*) dos bens finais. Esta etapa inicial da cadeia (pré-especificação das funcionalidades do produto final), além de intensiva em conhecimento, propriedade e capital intelectual abrange uma etapa de avaliação de mercado que traz implicitamente uma avaliação de risco. É exatamente esta etapa de pré-especificação que vai atuar como impulsionador dos projetos, definindo padrões e oportunidades para projetos futuros. A cadeia de engenharia da concepção/design do produto comanda, portanto, uma etapa essencial para a fabricação de componentes. A organização que for capaz de construir um componente que englobe esta pré-especificação, ocupa um lugar prioritário na cadeia, definindo as oportunidades que surgirão no futuro para as empresas que se situarem à jusante, ou seja, nas etapas seguintes a de engenharia do produto. Desta forma, a inserção de uma empresa nesta etapa da cadeia habilita a organização para que esta possa efetivamente posicionar-se

10 Segundo Carvalho (2006: 17) “[...] o custo crescente de instalação das fábricas integradas para a produção de semicondutores tornou-se um dos fatores cruciais para o aumento da especialização vertical no setor, já que os riscos são muito elevados (além da forte instabilidade característica da indústria) e exigem um padrão de financiamento diferenciado”.

de forma competitiva nas demais etapas, ocupando posição privilegiada no ecossistema da microeletrônica (Bampi, 2008/2009).

A relação usuário-fornecedor constitui um importante fator para a difusão da microeletrônica. A capacidade de projetar circuitos integrados – na medida das necessidades das empresas industriais que incorporam estes dispositivos em seus produtos e processos – constitui um importante indutor da difusão. Nestes casos, a recíproca é verdadeira: a existência de uma indústria independente de produtos que incorporam circuitos integrados e que, além disso, seja capaz de projetar e desenvolver sua própria linha de produtos constitui um forte estímulo para o crescimento da capacidade local de *design de chips*. Esta dinâmica se dá em compasso com a crescente especialização de empresas de projeto e a crescente distribuição pelo mundo das empresas especializadas na engenharia do produto final e na engenharia de projeto dos sistemas em *chip* (Bampi, 2008/2009: 86).

Desta forma, existem duas formas de governança que estabelecem a inter-relações entre a cadeia de produção da indústria de semicondutores com o complexo das indústrias de eletroeletrônicos:

[...] a chamada *buyer-driven commodity chain*, e a *producer-driven commodity chain*. No primeiro caso, a coordenação é conduzida pelo comprador e representada pela indústria de bens finais, cliente da indústria eletroeletrônica, e que dirige as relações de poder e impõe suas demandas a esta indústria. No segundo caso, representado pela Intel, por exemplo, a coordenação é conduzida pelo produtor do componente necessário ao produtor de bens às demais empresas localizadas à jusante da cadeia (Gereffi, 1994 apud Kronmeyer Filho, et al, 2004: 3652).

A crescente e acelerada dinâmica de inovação da indústria de semicondutores requer a constante interação entre as equipes de projeto, fabricação e encapsulamento voltadas à produção de *chips* para os bens finais.¹¹ Desta forma, a cooperação entre diferentes etapas e atores da cadeia de produção dos circuitos integrados com a do complexo eletroeletrônico e demais cadeias de bens finais, que possuem eletrônica

11 Segundo Bampi (2008/2009: 92) “o processo de desverticalização na cadeia de componentes semicondutores é ainda mais acentuado que na produção de bens finais. Além disto, a especialização dos produtores pode se dar não somente na etapa, como também na classe de produto final ou componente que é desenvolvido nas etapas 1 e 2. As empresas de componentes atuam crescentemente de forma especializada em etapas específicas da cadeia. Emerge daí o modelo de negócios de licenciamento ou royalties por propriedade intelectual, para empresas de design apenas, o que é um nicho de alguns bilhões de dólares por ano, com tendência a altas taxas de crescimento”.

embarcada, é um dos pontos relevantes para explicar porque essa indústria aumenta seu potencial de sucesso e sustentabilidade quando desenvolve um ecossistema organizacional completo.

Considerando a importância econômica do uso da microeletrônica e a precariedade de sua oferta no Brasil, as evidências internacionais mostram que existe a necessidade de ações governamentais no sentido de internalizar esta indústria no país, fomentando o ecossistema organizacional existente.

► 2. Políticas governamentais para microeletrônica no Brasil

O Brasil foi um dos primeiros países em desenvolvimento a utilizar e produzir equipamentos eletrônicos. Até o final dos anos 80, existiam 23 empresas instaladas no Brasil, representando significativa produção de computadores e periféricos, além de componentes microeletrônicos (MCT, 2002).

No início da década de 90, a indústria de semicondutores brasileira sofreu uma perda drástica da sua capacidade produtiva, decorrente de diversos fatores de ordem econômica, política e tecnológica, tanto no âmbito nacional quanto internacional. No âmbito nacional, os fatores negativos incluem o fim da política de reserva de mercado e a abertura para as importações no setor, realizada pelo governo Collor (1990-1992). Outro fator importante para a perda da capacidade produtiva da indústria de semicondutores foi a alteração da “Lei da Informática” (Lei 8248) de 1991.

Do ano de 1991 até o ano de 2001,¹² esta lei era o único instrumento de política a regular o complexo eletrônico brasileiro. A Lei estabelece que as empresas que aplicarem um dado percentual da sua receita bruta com bens e serviços de informática em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) poderão beneficiar-se da redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) sobre os produtos para os quais estejam cumprindo o Processo Produtivo Básico (PPB)¹³ (Gutierrez & Alexandre, 2003). Os problemas da

12 A Lei da Informática (7.232 de 1984), primeiramente tratava do controle das importações. Posteriormente alterada em 1991 pela Lei 8.248, passou a tratar do projeto e fabricação, regulando condições especiais de recolhimento de IPI, IR e CAP às partes contempladas na lei, bem como incentivos à P&D, tudo pautado no cumprimento do Processo Produtivo Básico. A Lei da Informática foi novamente ampliada e revista no ano de 2001 (Lei 10.176) e depois em 2004 pela Lei 11.077. Mais recentemente a medida provisória 472, de 2009, a ser ainda aprovada pelo Congresso Nacional estende a vigência desta lei até o fim de 2019. Os incentivos e benefícios previstos, com duração até 31 de dezembro de 2019, são: redução de IPI; direito de preferência (comercialização para administração pública); redução do ICMS (concedida pelos Estados); suspensão do IPI na entrada. As contrapartidas eram: investimentos em P&D; produção com cumprimento do PPB; implantação do Sistema da Qualidade. (Miguel, 2010).

13 O PPB é uma quantidade mínima de etapas de fabricação que deve ser realizada no Brasil, como contrapartida a incentivos fiscais, estabelecidos por Portarias Interministeriais e específicos para diversos produtos.

Lei da Informática¹⁴ decorrem do estímulo a atividades de montagem de produtos com componentes importados, predominante na indústria eletroeletrônica brasileira:

Em geral, o PPB para produtos eletrônicos restringe-se à montagem pura e simples desses itens no País a partir de um conjunto total de componentes que podem ser importados. Existem algumas variações em relação a essa situação como a exigência de nacionalização de gabinetes ou placas de circuito impresso nuas de grande volume em compensação à importação de alguns módulos ou subconjuntos já montados. No entanto, a esmagadora maioria dos componentes eletrônicos, aí incluídos os circuitos integrados, é sempre importada por inexistir a sua fabricação local (Gutierrez e Alexandre, 2003: 168).

Isso reduz enormemente a cadeia de suprimentos para o montador final, ao mesmo tempo em que inviabiliza o desenvolvimento de uma indústria de componentes no Brasil, tornando a cadeia eletrônica frágil e agravando o problema da dependência de elos – de projeto e de produção de componentes – que estão fora do País. Vale ressaltar também que a simples realização da montagem final agrega pouco ao valor dos produtos, e não estimula a demanda e fabricação de produtos nacionais (MCT, 2002).

Como a Lei não exigiu índices mínimos de nacionalização para os produtos eletrônicos montados ou fabricados no Brasil, esta não estimulou a demanda por componentes semicondutores fabricados no país. As empresas multinacionais foram as primeiras a desativar a produção, passando a atender seus clientes no Brasil via importações. (MCT, 2002: 54)

O resultado destas políticas foi o crescente *déficit* na balança comercial de microeletrônica do país. O acúmulo crescente do peso negativo da microeletrônica na balança comercial tornou-se estrutural ao longo dos anos.

As exportações brasileiras de componentes semicondutores, em geral de baixa complexidade, passaram de US\$ 50 milhões em 2000 para US\$ 57 milhões em 2009. As importações, por sua vez, passaram de US\$ 2 bilhões em 2000 para US\$ 3,2 bilhões em 2009 (Swart, 2010: 269).

Com o agravamento destes sucessivos *déficits* e o reconhecimento da importância da indústria de semicondutores como um setor base para a inovação tecnológica e a competitividade da economia, iniciaram-se, no ano de 2002, discussões para a formalização do Programa Nacional de Microeletrônica (PNM).

O Programa Nacional de Microeletrônica foi elaborado tendo como referência um

14 A análise dos principais resultados da Lei da Informática divulgados pelo MCT está em Gutierrez (2010).

documento titulado “Programa Nacional de Microeletrônica – Contribuições para a formulação de um Plano Estruturado de Ações” (MCT, 2002)¹⁵ elaborado pela Secretaria Executiva do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). A elaboração deste documento contou com a contribuição de diversos técnicos e instituições envolvidas no tema, incluindo a Secretaria de Política de Informática do MCT e o Grupo de Trabalho do Fórum de Competitividade, coordenado pelo Ministério de Desenvolvimento da Indústria e Comércio Exterior (MDIC), pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). As propostas apresentadas neste documento eram de caráter preliminar e deveriam ser submetidas à consulta junto aos representantes da indústria, governo, academia e sociedade. O Programa estava dividido em três subprogramas

1. Subprograma de Projeto de Circuitos Integrados (*Design Houses*)
2. Subprograma de Fabricação de Circuitos Integrados (*Foundries*)
3. Subprograma de Encapsulamento e Testes (*Back-end*)

Analisando as diferentes etapas da cadeia produtiva, o documento do MCT (2002) apresentou as barreiras e oportunidades de entrada para cada etapa.

A internalização da indústria de semicondutores no país seria viabilizada pela criação das companhias de projetos (*design houses*) possibilitada pelas baixas barreiras à entrada, tanto tecnológicas como econômicas, que poderiam ser transpostas com baixos investimentos e com a utilização das capacidades tecnológicas e de recursos humanos existentes no Brasil, particularmente em segmentos menos padronizados e oligopolizados, como os circuitos integrados de aplicações específicas (ASICs),¹⁶ propiciando oportunidades para novos entrantes, como o Brasil.

As principais ações estruturantes para atingir este objetivo foram a capacitação e especialização de projetistas de circuitos integrados em nível de graduação e de pós-graduação; promoção da implementação das *design houses*, tanto por meio da atração de *design houses* internacionais, como através da criação de *design houses* nacionais, estabelecendo-se políticas para facilitar seu acesso ao mercado (MCT, 2002).

Outra oportunidade para o Brasil seria a implantação de uma unidade produtiva em prototipagem de circuitos integrados (na escala de *foundry* de nível 1)¹⁷ que sur-

15 O documento de Gutierrez, R.; Leal, C. “Estratégias para uma Indústria de Circuitos Integrados no Brasil”. *BNDES Setorial*, 2004, também foi um importante norteador das políticas públicas para a internalização da indústria de semicondutores no Brasil.

16 O estudo do BNDES (2003) mostra que os circuitos integrados de aplicações específicas (ASICs – *Application Specific Integrated Circuit*) estão presentes em bens de comunicação, particularmente em redes sem fio (*wireless*) e bens de consumo, possuindo um potencial de agregação de valor aos produtos e criação de capacidades tecnológicas diferenciadas.

17 O nível 1 significa que a *foundry* fabricaria protótipos de *chips* em pequena escala (MCT, 2002).

giu a partir da doação de equipamentos (tecnologia CMOS – *Complementary Metal-Oxide-Semiconductor*) pela empresa americana Motorola. Esta iniciativa resultou em protocolos de intenções com o PNMico de 2001 e a adesão do Governo do Estado do Rio Grande do Sul, dando origem ao Ceitec (Centro de Excelência em Tecnologia Eletrônica Avançada) (MCT, 2002). A terceira proposta de política para a internalização da indústria de semicondutores seria a atração de Investimento Direto Estrangeiro (IDE) para a implantação de um fábrica (*foundry*) de larga escala de produção, o que seria viabilizado através de incentivos governamentais.

Para a execução destas iniciativas, desde 2002 o governo vem implementando políticas e programas que têm permitido, em parte, concretizá-las. Estas políticas e programas envolvem medidas mais "horizontais", como a expansão e consolidação do Sistema Nacional Ciência e Tecnologia e Inovação (C&T&I), leis e planos de governo. E, ainda, programas específicos ("verticais") para o setor de microeletrônica, entre estes, o Programa CI-Brasil e o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos (INCT Namitec).

O próximo item do capítulo apresentará as principais medidas institucionais e os programas implementados visando a concretização das três principais iniciativas para a internalização da microeletrônica no Brasil.

2.1. O marco-regulatório da PITCE, da PDP e do PACTI para a internalização da indústria de semicondutores no Brasil

A primeira política de âmbito nacional que estabeleceu o setor de microeletrônica como estratégico para o Brasil foi a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), lançada em março de 2004, com execução focada principalmente no Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC) e no Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT). A PITCE teve como objetivo geral aumentar a eficiência da estrutura produtiva da indústria nacional e a capacidade de inovação das empresas, visando expandir as exportações e promover maior inserção do país no comércio internacional. Quatro setores foram selecionados como prioritários para apoio direto e indireto: fármacos, *software*, bens de capital e semicondutores.

Os instrumentos da PITCE utilizados para viabilizar objetivos gerais e setoriais ganharam um novo fôlego nas diretrizes governamentais com o Plano de Ação de Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional 2007-2010 (PACTI), e da Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), lançado no ano de 2008, na medida em que estas políticas reforçaram como área estratégica o setor de semicondutores.

As principais ações e medidas do PACTI e da PDP visaram então formar e capacitar recursos humanos em microeletrônica, apoiar a criação de empresas de projeto de circuitos integrados, estabelecer um marco regulatório que incentive investimentos

nesta área e a mais relevante ação do governo federal: a criação e a implantação da empresa pública federal denominada Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada S.A. (Ceitec), vinculada ao MCT (Swart, 2010: 269).

Outras políticas governamentais também consolidaram as medidas para atração de investimentos para o setor de microeletrônica, ao propor o Programa de Atração de Investimentos Estrangeiros em Microeletrônica (PAIEM) e o Programa de Atração de Investimentos em Displays (PAIED) e o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS). Os incentivos e benefícios são disponibilizados tanto para empresas da área de projetos, como para empresas de fabricação de circuitos integrados.

Os programas específicos para a internalização da indústria microeletrônica – o Programa CI-Brasil e o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos (INCT Namitec) e a implantação do Ceitec – estão descritos na próxima sessão do capítulo.

2.2. O programa CI-Brasil, o INCT Namitec e o Centro de Excelência em Tecnologia Eletrônica Avançada – CEITEC

O Programa CI-Brasil foi elaborado para atuar em duas frentes. Numa frente, objetiva-se atrair para o Brasil uma parcela das atividades de projeto de circuito integrado, desenvolvidas internacionalmente por empresas do setor de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), fabricantes de componentes semicondutores e empresas independentes especializadas em projetos de circuitos integrados. A segunda frente visa a criação de condições que propiciem a constituição de *design houses* brasileiras.¹⁸

Além das *design houses*,¹⁹ foi proposto no âmbito do Programa CI-Brasil centros regionais destinados às atividades de treinamento e capacitação, envolvendo diretamente as universidades, centros de pesquisa e incubadoras que atuam como suas parceiras locais.

O Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), localizado em Campinas e o CEITEC, localizado em Porto Alegre, foram escolhidos como unidades ân-

18 As *design houses* brasileiras foram concebidas para serem prestadoras independentes de serviços. Para conhecer os tipos de Design Houses segundo os serviços prestados, vide MCT (2002).

19 O Programa recomenda que as *design houses* estejam estrategicamente localizadas nos tecidos industriais locais, regionais, nacionais e internacionais, e implementadas em locais que atendam os seguintes requisitos: tenham como parceira uma incubadora de base tecnológica de uma universidade brasileira; mantenha intercâmbio com centros de formação e capacitação de recursos humanos com competência em projetos de circuitos integrados e que apoiem as ações locais e nacionais de atração de *design houses* estrangeiras (Programa CI-Brasil RN-009, 2010).

cora na implantação do Programa CI-Brasil, vez que dispõem de instalações e equipamentos para as etapas do processo de concepção, desenho, fabricação e teste de circuitos integrados.

Nestes institutos de pesquisa foram criados dois Centros de Treinamentos, o CT1 em Porto Alegre e o CT2 no CTI, em Campinas. No tocante à criação/atração das *design houses*, no âmbito deste programa, foram criados sete centros de projetos de circuitos integrados: Centro de Excelência em Tecnologia Eletrônica Avançada (Ceitec); Centro de Pesquisa Renato Archer (CTI); Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI-TEC); Centro de Ciência, Tecnologia e Inovação do Polo Industrial de Manaus (CT-PIM); Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (CESAR), Laboratório para Integração de Circuitos e Sistemas (LINCS) do Centro para Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE) e Centro de Pesquisas Avançadas Werher Von Braun. Estes centros de projetos receberam recursos para aquisição de equipamentos, infraestrutura, aquisição de licenças de uso para as ferramentas de projetos de circuitos integrados (*Electronic Design Automation* – EDA) e também bolsas de estudos para projetistas de circuitos integrados. Além destes, outros 15 centros de projetos entre empresas transnacionais e *startups* são apoiados pelo programa CI-Brasil.²⁰

Somando e interagindo com o Programa CI-Brasil na formação de recursos humanos (em nível de graduação e pós-graduação), é bastante representativa a atuação do Instituto Nacional de Sistemas Micro e Nanoeletrônico (INCT Namitec), ao reunir, em rede, os principais Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs) que atuam na formação e pesquisa em semicondutores no Brasil.

O INCT Namitec²¹ é composto por 132 pesquisadores vinculados a 27 unidades de pesquisa sediadas em 23 instituições de 13 estados brasileiros nos domínios da física, química, ciência da computação, engenharia elétrica/eletrônica e ciências agrárias. O INCT Namitec é financiado pelo CNPq e pela FAPESP, com um orçamento previsto de cerca de 7 milhões de reais em seus três primeiros anos. Tem como instituição sede e coordenadora o Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer. Seu objetivo principal é:

[...] realizar pesquisa e desenvolvimento em sistemas micro e nanoeletrônicos integrados inteligentes, que propiciem a realização de sistemas eletrônicos autônomos tais como redes de sensores inteligentes, sistemas embarcados e sistemas autoajustáveis,

20 O site http://www.cibrasil.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=3 lista as 22 instituições apoiadas pelo Programa CI-Brasil.

21 O INCT Namitec formou, entre 2008 e 2010, 59 iniciações científicas (102 em andamento); 103 mestrados concluídos e 138 em andamento; 30 doutorados concluídos e 123 em andamento; 12 pós-doutorados concluídos e 22 em andamento. Totalizando estes resultados, estima-se que até o ano de 2012 terão sido formados 170 estudantes de graduação e aproximadamente 421 estudantes de pós-graduação capacitados para atuar com microeletrônica (Namitec, 2011).

com aplicações em particular em agricultura de precisão, no controle ambiental, em energia, na instrumentação biomédica, na indústria automotiva e aeroespacial e nas telecomunicações (Namitec, 2011: s/p)

A segunda iniciativa planejada no Programa Nacional de Microeletrônica, implantar uma fábrica (*foundry*) de semicondutores está na fase final para a operação. O CEITEC é a única *foundry* de semicondutores no Brasil e na América Latina. Foi criado em 2008, na cidade de Porto Alegre (Rio Grande do Sul), e é uma empresa pública federal que possui duas unidades principais: um centro de P&D (inaugurado em 2009), e uma unidade fabril (inaugurada em 2010, mas que entrará em operação em 2012). O aporte de investimentos realizado pelo governo federal foi da ordem de R\$ 450 milhões. (CEITEC S.A, MCT, 2010)

A finalidade do CEITEC é desenvolver e produzir circuitos integrados voltados a aplicações específicas (ASICs), capacitando o Brasil com conhecimentos tecnológicos e recursos humanos qualificados na área.²² Seu modelo de negócios concilia o desenvolvimento de produtos próprios para a fabricação em sua unidade fabril ou de terceiros e a utilização da fábrica para a produção de *chips* de outras empresas.

Resumidamente, conclui-se que as três iniciativas propostas pelo Programa Nacional de Microeletrônica (PNM) estão sendo implementadas a partir dos: 1) planos e políticas de governo (PITCE, PACTI e PDP) e seus diversos incentivos e benefícios fiscais (PADIS, PAIEM, PAIED) e demais instrumentos para inovação nas empresas; 2) nos programas CI-Brasil, INCT-Namitec e, 3) na criação do CEITEC.

Estas políticas foram objetos de análise pelos especialistas na área de microeletrônica que registraram suas opiniões e impressões em uma série de entrevistas, discutidas no próximo item do capítulo.

► 3. Políticas governamentais para microeletrônica no Brasil: a opinião dos especialistas

Em março de 2011 foram realizadas entrevistas com 13 especialistas em microeletrônica do país. Entre os especialistas selecionados, 7 são professores e coordenadores de importantes laboratórios de microeletrônica de grandes universidades públicas; 3 são coordenadores da área de microeletrônica de Institutos de Pesquisas; 3 entre-

²² A atuação do CEITEC foca os nichos de mercado com as seguintes tecnologias: RFID-*Radio Frequency Identification* (*Chip* do Boi usado na rastreabilidade de bovinos, o *Chip* Santana, usado para rastreabilidade de mercadorias para garantia de origem, o *Chip* Hemobrás, usado para a identificação e rastreabilidade de bolsas de hemoderivados da Hemobrás e o *Chip* Siniav, usado para a identificação de auto-veículos do mercado brasileiro); Comunicação sem Fio (WIFI - *Wireless Fidelity* e WIMAX - *Worldwide Interoperability for Microwave Access*); e Multimídias digitais (moduladores e demoduladores com aplicações em TV e rádio digital). (CEITEC S.A, MCT, 2010)

vistados são membros (presidente e ex-presidente) da Associação Brasileira de Microeletrônica e 1 é membro de uma grande empresa de base tecnológica. A escolha desses profissionais deveu-se ao envolvimento e importância deles com as políticas governamentais de microeletrônica.

As entrevistas tiveram como metodologia uma abordagem explanatória sobre os resultados das políticas governamentais relacionadas às três iniciativas priorizadas pelo governo federal para a internalização da indústria de semicondutores no Brasil, buscando colher opiniões qualitativas dos entrevistados. Vale destacar, que não se pretende, neste capítulo, realizar avaliações das políticas, mas, sim, sintetizar as opiniões dos entrevistados sobre os planos e programas do governo nesta área.

Há unanimidade sobre o diagnóstico do PNM em propor as três iniciativas (a formação e capacitação de recursos humanos, criação das *design houses* e a implantação do CEITEC) como primordiais para se iniciar a internalização da indústria de semicondutores no Brasil.

Também afirmaram que os resultados existentes hoje no país significam um avanço na área de microeletrônica, considerando a situação do país no início da década 90. Porém, todos os entrevistados consideram que estes avanços são bastante tímidos, diante do atraso do Brasil nesta área. Segundo o depoimento de um dos especialistas

[...] existe uma inércia grande para ser vencida, e a força é pouca diante do atraso tecnológico do Brasil. Pode-se dizer que se despertou para a possibilidade de se fazer circuito integrado no Brasil; no entanto, afirma-se que estamos distante de uma efetiva política industrial de Estado.

Os entrevistados também afirmaram que, desde a formulação do PNM em 2002, os avanços do marco regulatório para se internalizar a indústria de microeletrônica foram realizados. Porém, acrescentaram que estas políticas estão dispersas entre os diversos institutos e órgãos do governo, além de existir uma grande burocracia para a obtenção de recursos.

Questionados sobre as políticas de formação e capacitação de recursos humanos, os entrevistados argumentaram que os resultados dos Programas CI-Brasil e o INCT Namitec mostram um esforço neste sentido. Porém, os especialistas argumentaram que existe a necessidade de formar recursos humanos de maneira alinhada com a formação do ensino técnico, graduação, pós-graduação e Centros de Treinamentos do Programa CI-Brasil. Atualmente, a maioria dos programas de graduação não apresenta disciplinas que proporcionem ao aluno noções básica de microeletrônica. Diversos especialistas afirmaram que os cursos técnicos em eletrônica também são limitados nessa área. Segundo um dos entrevistados:

[...] os Centros de Formação estão habilitando os projetistas, enquanto estes já deve-

riam saber trabalhar com as ferramentas de microeletrônica na graduação, para serem a partir daí treinados nos Centros de Treinamento. A função do Centro de Treinamento é de treinar e, para ser treinado, supõe-se que algum conhecimento já esteja consolidado. Hoje os Centros de Treinamento são centros formativos e não de treinamento. A estratégia da PNM deveria incorporar o esforço de inserir a microeletrônica nas cadeiras do ensino técnico e na graduação. Este seria um avanço para a PNM na formação de recursos humanos para a pós-graduação. Também seria um trabalho praticamente sem custos que iria impactar fortemente os resultados e desempenhos dos projetistas formados nos Centros de Treinamento do Programa CI-Brasil.

É preciso ressaltar a importância do INCT Namitec na formação de recursos humanos. Segundo os especialistas, este INCT possibilitou a inclusão da microeletrônica em grupos jovens e pequenos, ou seja, de pesquisadores periféricos no cenário da microeletrônica do país. Atualmente, existe uma disseminação da microeletrônica em todas as regiões do Brasil possibilitada pelo INCT Namitec. Assim, estudantes de pós-graduação orientados por professores de universidades periféricas estão tendo acesso à infraestrutura e recursos humanos dos grandes centros. Outra recomendação dos especialistas para formar recursos humanos na área de microeletrônica é a introdução de cursos de formação básica em negócios e empreendedorismo na área tecnológica.

Para os entrevistados o maior desafio do Programa CI-Brasil, que implementou 7 das 14 companhias de projeto (*design houses*) nacionais, é garantir a interação competitiva destas com o mercado nacional e internacional. O depoimento de um dos entrevistados sintetiza e explica o argumento dos demais entrevistados:

As *design houses*, foram implantadas com recursos públicos, estão no mesmo formato da Universidade, e estas precisam ter uma visão de negócios. O desafio está na interação das *design houses* com a demanda por componentes de projeto local no mercado dos bens finais. Vamos projetar *chips* para quem e para quê? É lógico que o Brasil tem um mercado promissor para se desenvolver projetos de circuito integrados de aplicação específica (ASIC). Mas ainda não temos a credibilidade com o setor produtivo. Neste sentido, é necessário que as *design houses* se esforcem para formar um *portfólio* de clientes e divulguem seus projetos consolidados para ganhar credibilidade. O problema é que as *design houses* são pequenas e não estão conseguindo fazer este *portfólio*. Falta criar políticas que propiciem os arranjos cooperativos entre as *design houses* e a demanda por projetos de circuitos integrado de bens eletrônicos finais.

De acordo com os entrevistados, não existe nem uma política de Estado, nem uma política setorial vinculando o setor produtivo e as *design houses* brasileiras. É necessário coordenar políticas de diferentes naturezas com vistas a incentivar a demanda pelo setor produtivo por serviços qualificados de engenharia e por componentes semicondutores. Soma-se a este fato, a característica cultural do Brasil, de fraca intera-

ção entre as empresas e as Universidades/Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs).²³

A argumentação dos especialistas é que os arranjos institucionais elaborados pelas políticas de C&T&I no Brasil estão prontos, porém existe a necessidade de operacionalizá-los através de uma política para gestão das parcerias entre empresas, governo e ICTs. Segundo um dos especialistas:

Falta um estudo de prospecção tecnológica para delinear uma política que tenha como compromisso arranjos cooperativos entre os ICTs e as empresas. No Brasil os acordos são realizados sem a participação dos ICTs brasileiros para a transferência de tecnologia. Um exemplo é a TV digital. As soluções tecnológicas foram totalmente dispersas, não teve direção. Vários pesquisadores fazem *chip* de TV Digital. Quem vai comprar todos estes *chips*? Oitenta países licenciaram a tecnologia da TV Digital. Como foram realizadas as cooperações entre o governo brasileiro e o japonês? Vendemos o sistema japonês para toda a América Latina, mas o que ganhamos em troca? Vejam o caso da carteira de identidade. Ela terá um *chip* que carrega as informações biomédicas. Deveria ter sido feito um processo de concorrência entre as *design houses*. Mas o governo não fez e comprou a tecnologia no exterior.

Para os especialistas em microeletrônica o grande desafio para continuidade e sucesso dos programas é internalizar a engenharia do produto no país, ou seja, determinar existência de uma indústria de bens finais que desenvolva no país a engenharia do produto eletrônico. Este é o fator-chave para desenvolver os negócios das companhias de projeto (*Design Houses*). O Programa Nacional de Microeletrônica deve mobilizar com alta prioridade os instrumentos de estímulo à demanda por componentes de projeto local. Neste sentido, é necessário mobilizar o poder regulatório do Estado e o poder de compra dos governos para viabilizar encomendas tecnológicas no país de bens de base eletrônica. Com isso, seriam explorados mercados específicos, como o de sensoriamento de animais, de cargas, distribuição de energia elétrica, bioengenharia, equipamentos eletromédicos, transportes públicos e regulação de trânsito urbano (com a adoção de eletrônica embarcada em veículos, como no caso do sistema nacional de identificação compulsória regulamentada pelo Denatran, conhecido como Siniav), terminais de baixo custo para acesso à internet em escolas, bibliotecas e espaços públicos.

Para os especialistas entrevistados, um outro ponto importante é incentivar o Processo Produtivo Básico (PPB) no sentido de incentivar o uso de componentes nacionais.

Trata-se de regulamentar um incentivo aos montadores de placas/subsistemas que utilizem componentes fabricados ou encapsulados no Brasil. Como hoje ocorre com

23 Para entender sobre a fraca integração no Brasil entre universidades/institutos de pesquisa e empresas vide os textos de Velho (2004) e Rapini (2007).

os Processos Produtivos Básicos (PPBs), apresentados pelas empresas candidatas a incentivos fiscais do governo, as empresas ou consórcios interessados em receber encomendas do governo, de desenvolvimento de produtos e processos com alto grau de tecnologia, terão propostas analisadas por uma comissão interministerial, que avaliará a adequação da empresa ou consórcio às necessidades do governo e às expectativas de desenvolvimento tecnológico do país. Desta forma, o processo produtivo básico incentivado poderia receber isenções e vantagens fiscais adicionais, incentivando, desta maneira, a implantação no país da cadeia a montante do processo de montagem final dos bens. No entanto, vale ressaltar que o incentivo em questão deve ser implantado de uma forma que não desincentivem as empresas que são montadoras de bens finais e que eventualmente não tenham condições técnicas ou de mercado para utilizar os componentes difundidos e/ou montados no país.

Os entrevistados mencionaram experiências internacionais que mostram que as inovações na área de microeletrônica requerem arranjos multiorganizacionais que poderiam ser estimulados por políticas de cooperação entre as *design houses* e o setor produtivo. Os especialistas afirmam que a constituição desses arranjos, através de legislações e decretos não é condição suficiente para internalizar a indústria de microeletrônica no Brasil. Apesar dos avanços na elaboração das políticas de incentivos e benefícios específicos para a área de microeletrônica, destacando o PADIS (Lei nº 11.484/2007), não há nenhuma empresa fabricante de semicondutores beneficiada com estes incentivos. Além disso, o país conta com apenas uma fábrica de encapsulamento de memórias SDRAM, duas de semicondutores discretos (componentes isolados, não circuitos integrados, tais como diodos transistores, etc, utilizados, por exemplo, na fabricação de fontes de alimentação) e uma empresa de projeto de circuitos integrados pertencentes a uma empresa multinacional.

A criação do CEITEC S.A. acrescenta um elemento importante para este esforço. Sua implantação traz uma relativa independência na fabricação de circuitos integrados no Brasil. Todos os especialistas reconhecem a importância estratégica de uma *foundry* de semicondutores, mesmo com baixa escala de operação, seja pela sua utilização pelas universidades e centros de pesquisa, como para a formação de recursos humanos em tecnologias de processamento de silício e dispositivos micro e nanoeletrônicos. E ainda, para a execução de projetos que envolvam a segurança nacional.

O adensamento da cadeia produtiva da indústria de semicondutores, proposto pelas políticas governamentais contemplava também a atração de investimento direto estrangeiro para a implantação de uma *foundry* de produção em larga escala.²⁴ Contudo, a maioria dos especialistas acredita que dada a especialização vertical da

24 Os fatores críticos que limitam o Brasil como receptor da atração de investimentos para a fabricação de componentes semicondutores são de natureza estrutural e foram diagnosticados pelo BNDES (2003).

indústria de semicondutores, é possível o país capacite as *design houses* para que estas se transformem em empresas *fabless*, sem a necessidade fundamental de se implantar uma *foundry* de produção em larga escala.

► 4. Considerações finais

Apesar da relevância de se internalizar a indústria de semicondutores no país ter se tornado objeto de políticas governamentais, os resultados concretos destas políticas se mostram modestos diante das experiências internacionais. De acordo com os especialistas da área, a atuação do governo não vem sendo efetiva para incentivar empresas que demandem o projeto dos circuitos integrados das *design houses* nacionais, que é o ponto fundamental para a efetivação das políticas governamentais e principalmente, da continuidade do Programa CI-Brasil.

O desafio existente para concretizar os objetivos das políticas de internalização da indústria de semicondutores é desenvolver as interações entre as *design houses*, as Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) e as indústrias de bens eletrônicos finais, ou de eletrônica embarcada, que desenvolvam no país a engenharia do produto. Este é o fator-chave para desenvolver os negócios das companhias de projeto (*Design Houses*). Para que ocorra esta interação é fundamental que se criem instrumentos de política que incentivem o uso de componentes produzidos nacionalmente.

Segundo especialistas, somente conseguiremos participar da indústria mundial de semicondutores se formos competentes para organizarmos os arranjos cooperativos de transferência de tecnologia entre empresas, ICTs e o governo, pois se dependermos das forças de mercado continuaremos a importar as soluções tecnológicas e os resultados já conquistados, principalmente do Programa CI-Brasil, em formar recursos humanos e criar as *design houses*, estarão seriamente comprometidos.

► REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO DAS EMPRESAS INOVADORAS (ANPEI). *Guia Prático de Apoio à Inovação*. s/d. 102p. Disponível em: <http://proinova.anpei.org.br/ClickDownload.asp?arquivo=/Downloads/Guia_Inovacao_Empresas.pdf>. Acesso em: 30/01/2011.
- BAMPI, S. (coord.). *Perspectivas do investimento em eletrônica*. Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Economia, 2008/2009. 272 p. **Relatório integrante da pesquisa**. Perspectivas do Investimento no Brasil, em parceria com o Instituto de Economia da Unicamp, financiada pelo BNDES. Disponível em: <<http://www.projetopib.org/?p=documentos.com>>. Acesso em outubro de 2011.
- BNDES. *Relatório do Estudo sobre a Atração de Investimentos em Fábrica de Semicondutores*. 2003.
- CAMPANARIO, M. A.; SILVA, M. M. da; COSTA, T. R. *Política Industrial de Apoio ao Desen-*

- volvimento da Indústria Brasileira de Semicondutores*. In: **Revista de Ciências da Administração**, v. 11, n. 24, p. 69-101, maio/agosto 2009. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/adm/article/download/12183/12617>>. Acesso em: 02/03/2011.
- CARVALHO, P. *Uma perspectiva para a indústria de semicondutores no Brasil: o desenvolvimento das "design houses"*. Campinas, SP: [s.n.], 2006. Disponível em: <<http://cutter.unicamp.br/document/?down=vtlsooo0406618>>. Acesso em: 02/01/2011.
- CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DE ELETRÔNICA AVANÇADA S.A (CEITEC) S.A. *Relatório Anual 2010*. Disponível em: <http://www.ceitec-sa.com/assets/documentos/RELATORIO_2010_web_sem_imagens.pdf>. Acesso em: 22 de jun. de 2011.
- GUTIERREZ, R. M. V. e LEAL, C. F. C. *Estratégias para uma Indústria de Circuitos Integrados no Brasil*, **BNDES Setorial** – Março 2004, n. 19, p. 3-22. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set1901.pdf>. Acesso em: 22/06/2011.
- GUTIERREZ, R. M. V.; ALEXANDRE, P. V. M.. *Complexo eletrônico brasileiro e competitividade*. In: **BNDES Setorial**. Rio de Janeiro, n. 18, p. 165-192, set. 2003. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set1805.pdf>. Acesso em: 02/03/2011.
- GUTIERREZ, R. M. V.; MENDES, L. R.. *Complexo eletrônico: o projeto em microeletrônica no Brasil*. In: **BNDES Setorial** n. 30, p. 157-209. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3004.pdf>. Acesso em: 02/03/2011.
- GUTIERREZ, R. M. V. *Complexo eletrônico: Lei de Informática e competitividade*, **BNDES Setorial** – Junho 2010, n. 31, p. 5-48. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Setor/Complexo_Eletronico/201006_01.html Acesso em: 22/06/2011.
- INCT NAMITEC. *Annual activity report* (Apr. 2009-Mar 2010), year one. INCT NAMITEC, 2010. 74p. Disponível: <http://Namitec.cti.gov.br/index.php?option=com_galeria&tmpl=component&no_html=1&task=getfile&id=553&name=relatorio-abril2010_anexos-13mai.pdf> Acesso em: 13/05/2011.
- KAY, J.J et al. *An ecosystem approach for sustainability: addressing the challenge of complexity*. **Futures**, v. 31, n. 7, September 1999, p. 721-774.
- MIGUEL, H. O. *Política de Apoio à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação de Componentes Semicondutores*. Disponível em: <<http://www.google.com/Henrique%20de%20Oliveira%20Miguel%20SECRETARIA%20DE%20POL%C3%8DTICA%20DE%20INFORM%C3%81TICA&e>>. Acesso em: 22 de jun. de 2011.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). *PACTI – Principais Resultados e Avanços - 2007-2010*, dezembro de 2010. 168p. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0214/214525.pdf>. Acesso em: 22/06/2011.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). *Plano Plurianual 2008-2011: Orientações Estratégicas do Ministério da Ciência e Tecnologia*. Brasília, s/d. 60p. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0204/204825.pdf>. Acesso em 30/01/2011.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). *Programa CI-Brasil: Estratégias de Fomento à criação e implantação de EMPRESAS DE PROJETOS DE CIRCUITOS IN-*

- TEGRADOS – DESIGN HOUSES (DH). Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0008/8078.pdf> Acesso em: 22 de jun. de 2011.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). *PROGRAMA NACIONAL DE MICRO-ELETÔNICA – Contribuições para a Formulação de um Plano Estruturado de Ações*. Dez. de 2002, p. 1-70. Disponível em: <http://www.ci-brasil.gov.br/index2.php?option=com_docs&task=download&id=57&field=doc1&no_html=1> . Acesso em: 22 de jun. de 2011.
- MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO (MDIC). *Integra da Apresentação da Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP)*. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/pdp/arquivos/destswf1224095287.ppt>>. Acesso em: 22/06/2011.
- MOORE, J.F. *Predators and Prey: A New Ecology of Competition*. **Harvard Business Review**, May/June 1993, p.75-86.
- PROGRAMA CI-BRASIL RN-009/2010. Disponível em: http://www.ci-brasil.gov.br/index2.php?option=com_docs&task=download&id=70&field=doc1&no_html=1. Acesso em: jun/2011.
- RAPINI, M. S. *Interação universidade-empresa no Brasil: evidências do Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq. Estudos Econômicos Cedeplar* [online]. 2007, vol.37, n.1, p. 211-233. Disponível: <<http://www.scielo.br/pdf/ee/v37n1/o8.pdf>> Acesso em: 06/05/2011
- SAXENIAN, A. *Regional networks and the resurgence of Silicon Valley*. **California Management Review**, 1990; v.33, n.1, p. 89-112.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE MICROELETRÔNICA. *Subsídios Para A Formulação De Uma Política Industrial, Tecnológica E De Comércio Exterior Para O Setor De Semicondutores*. 2006, p. 1-48. Disponível em: <http://www.sbmicro.org.br/images/stories/Noticias/semicondutores.pdf>. Acesso em: 22 de jun. de 2011.
- SWART, J. *Relatório da sessão “Microeletrônica”*. **Parcerias Estratégicas**. Edição Especial. v.15, n. 31, jul.-dez 2010, p.267-280.
- VELHO, L.; VELHO, P. e SAENZ, T. W. *P&D nos setores público e privado no Brasil: complementares ou substitutos?* **Parcerias Estratégicas**, n.19, Dezembro de 2004.



CAPÍTULO 7

Avaliação do Ciclo de Vida como ferramenta para sustentabilidade no setor eletroeletrônico

José Rocha Andrade da Silva
Tiago Barreto Rocha

► Introdução

AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS e a crescente escassez de matérias-primas têm conduzido empresas e sociedade à conscientização sobre os problemas ambientais gerados pela crescente industrialização. Ao longo da história, o planeta tem servido ao ser humano como uma fonte inesgotável de recursos naturais. No entanto, problemas decorrentes dessa extração insustentável estão cada vez mais evidentes.

De acordo com relatório do Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC, 2007), nos últimos anos percebeu-se um acirramento do efeito estufa, em virtude dos altos níveis de gás carbônico, fato esse que vem provocando mudanças climáticas que afetam negativamente toda população. Isso vem forçando empresas, governos e organizações do terceiro setor a buscar alternativas que possam ser ao mesmo tempo economicamente viáveis, socialmente justas e ambientalmente corretas, sendo esses os pilares do desenvolvimento sustentável.

A transição para esse novo modelo de desenvolvimento está estreitamente relacionada com os seguintes aspectos ambientais:

- Uso mais eficiente e consciente das matérias-primas, buscando a conservação dos recursos naturais não-renováveis (Platcheck et al., 2008);
- Uso mais eficiente e consciente das fontes de energia, visando reduzir o

- consumo e acelerar a integração de fontes renováveis nos processos de manufatura (Bonilla et al., 2010);
- Redução das emissões e de seus impactos sobre o meio ambiente, minimizando a quantidade de resíduos descartados e, portanto, reduzindo a poluição ambiental; (Platcheck et al., 2008);
 - Implantação de sistemas economicamente viáveis para a recuperação de materiais no final dos ciclos de vida dos produtos (Platcheck et al., 2008);
 - Expansão e implantação de sistemas de ciclos fechados¹ para o uso dos materiais, dentro de um empreendimento ou entre empreendimentos diferentes (Bonilla et al., 2010).

A indústria de eletroeletrônicos se insere neste contexto, sendo um setor que produz bens de consumo indispensáveis, seja em casa, no trabalho ou nas fábricas. É cada vez mais difícil imaginar a vida moderna sem a presença de tais equipamentos. Setores como medicina, administração, manufatura, etc., são altamente dependentes da tecnologia da informação. Atualmente, todos estes setores demandam sistemas eletroeletrônicos para funcionar eficientemente. O dilema então se estabelece entre a necessidade de desenvolvimento constante e a finitude dos recursos naturais.²

O presente capítulo visa mostrar como a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) pode ser uma ferramenta para a solução desse dilema, ao mapear os diversos impactos implicados em todo o ciclo produtivo dos eletroeletrônicos e dessa maneira balizar intervenções em pontos específicos desse ciclo. Para isso a primeira parte contextualiza a ACV como ferramenta para sustentabilidade no ciclo de vida; a segunda parte tem a função de detalhar o “passo a passo” da técnica e como deve ser sua implementação de acordo com a norma NBR ISO 14040 e NBR ISO 14044 (ABNT, 2009); a terceira parte aponta as limitações e dificuldades da incorporação da técnica; Na sequência, a quarta parte aborda as perspectivas do desenvolvimento da ACV no Brasil e, por fim, as conclusões são feitas enfatizando a importância da Avaliação do Ciclo de Vida como ferramenta para sustentabilidade de ecossistemas organizacionais³ complexos, compostos de di-

1 Os sistemas de ciclo fechado são caracterizados pelo retorno dos materiais já utilizados para a mesma cadeia do produto (Kopicki et al., 1993). É definido atualmente como um sistema que controla as operações para maximizar a criação de valor, ao longo do ciclo de vida, por meio da valorização de materiais após seu uso.

2 Em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento existe ainda outro problema relacionado ao descarte, uma vez que a maioria dos equipamentos eletroeletrônicos é descartada em aterros sanitários com pouco controle sobre os impactos ambientais. A consequência desse tipo de descarte é a lixiviação de substâncias perigosas, como chumbo e outros metais pesados, que vão para os lençóis freáticos, atingindo as águas subterrâneas. (Muñoz, S.I.S, 2002).

3 O conceito de ecossistemas organizacionais é revisado e discutido no Capítulo 2: “Gestão de arranjos multiorçamentais para a inovação: a contribuição do conceito de ecossistemas organizacionais”.

versos atores, processo e fluxos de energia e materiais, tais como os ecossistemas organizacionais que envolvem a produção da indústria de eletroeletrônicos.

Ressalte-se que a ACV é uma ferramenta crítica para a competitividade de indústrias com mercados globais tais como a de eletroeletrônicos, permitindo a inserção competitiva de empresas em mercados cada vez mais exigentes em termos de requisitos ambientais para os produtos. Dessa maneira, a ACV torna-se uma ferramenta fundamental para a certificação da sustentabilidade ambiental e social de produtos nos mercados mais exigentes, garantindo assim a competitividade e a sustentabilidade econômica das empresas produtoras.

► 1. A Avaliação do Ciclo de Vida como ferramenta para a produção e consumo ambientalmente corretos.

A solução do dilema desenvolvimento econômico ou preservação ambiental exige uma nova visão sobre o modo como são fabricados, consumidos e descartados os equipamentos eletroeletrônicos (EEEs). Essa nova visão inclui eliminar substâncias ambientalmente agressivas na fabricação desses produtos e aumentar sua durabilidade, reduzindo dessa maneira a geração de resíduos em todas as fases do ciclo de vida, o que inclui seu reaproveitamento no ciclo produtivo.

Fonte: Herrmann (2009) apud Caldeira-Pires (2010)

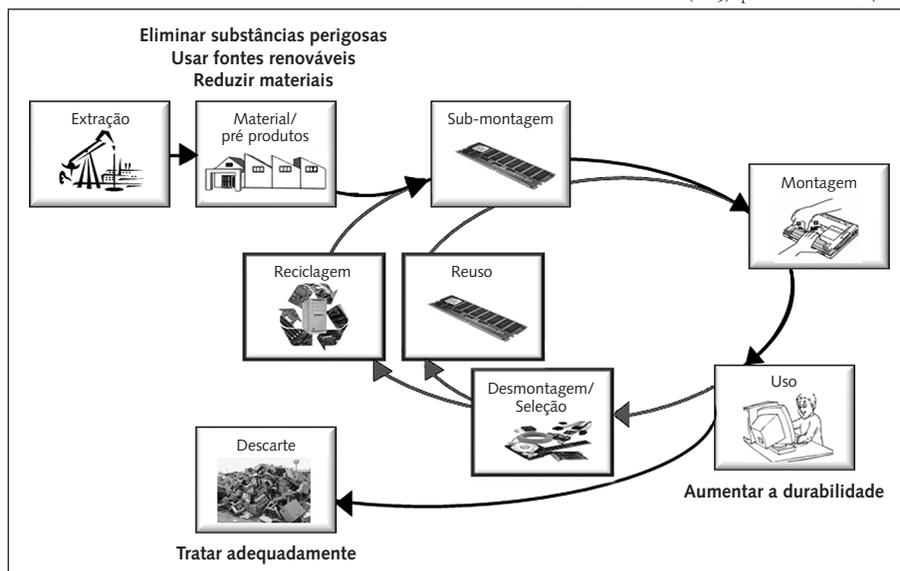


Figura 1: Abordagem do ciclo de vida fechado na produção de um dispositivo eletroeletrônico

Fonte: Adaptada de Graedel et al (1995)

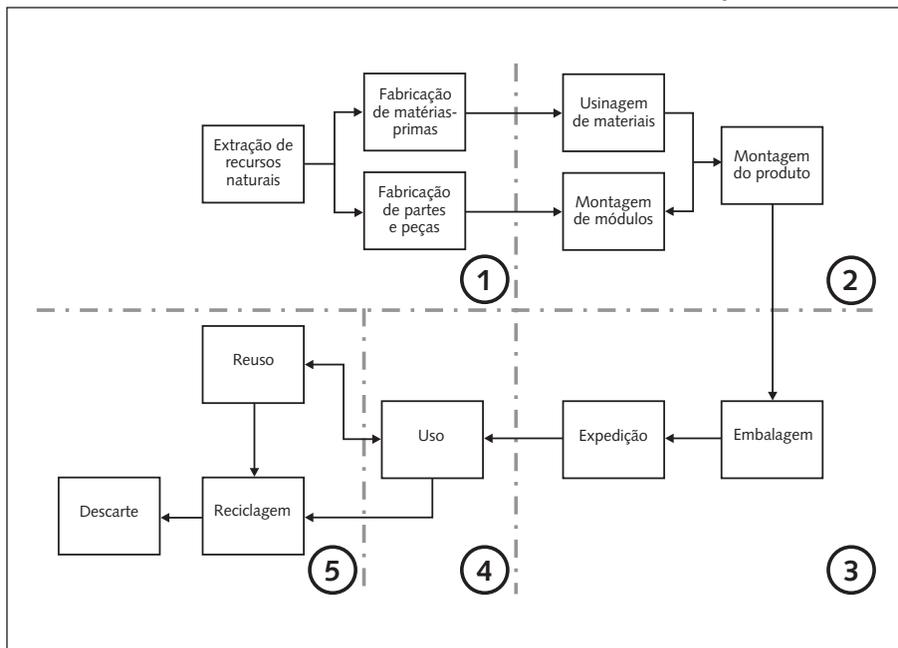


Figura 2: Principais fases do ciclo de vida do produto

Os impactos ambientais da cadeia de produção e consumo dos produtos eletroeletrônicos ocorrem em todo o ciclo de vida do produto, desde a extração da matéria-prima até o descarte final. Lidar com esse cenário requer uma visão sistêmica, utilizada em uma técnica conhecida como Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) ou *Life Cycle Assessment* (LCA). O caráter sistêmico dessa técnica reside no enfoque adotado, que busca analisar os processos produtivos de forma compreensiva, abrangendo todos os atores, processos e fluxos de materiais e energia envolvidos. Dessa maneira, é uma ferramenta que considera todo o ecossistema organizacional envolvido (e não apenas atores, processos e fluxos isoladamente), o que é fundamental para que a busca da sustentabilidade na produção seja efetiva.

A Norma ABNT NBR ISO 14040 (2009) define a ACV como sendo a “compilação e avaliação das entradas e saídas e dos impactos ambientais potenciais de um produto, através de seu ciclo de vida”. Além disso, fornece os princípios, estruturas e requisitos metodológicos para a condução de estudos de ACV.

Por levar em conta todas as fases do ciclo de vida, a ACV também é conhecida como uma técnica de análise que acompanha o produto “do berço ao túmulo” ou, ao se considerar o aproveitamento do produto após o uso, do “berço ao berço”. O diagrama simplificado da Figura 2 ilustra as principais fases do ciclo de vida de um produto.

Aplicada ao gerenciamento ambiental, a ACV auxilia na identificação dos pontos

críticos de cada fase do processo produtivo e fornece aos planejadores e tomadores de decisão, parâmetros sistêmicos objetivos para comparação das vantagens e desvantagens de duas ou mais soluções tecnológicas. Resumidamente, as principais fases do ciclo de vida de um produto podem ser descritas da seguinte forma (Ribeiro et al., 2003):

- Fase 1 – Obtenção da matéria-prima (extração de recursos naturais), por exemplo, o corte de árvores ou a extração de petróleo. Ainda nessa fase, inclui-se o processamento da matéria-prima para a obtenção dos materiais, componentes ou peças de, por exemplo, papel ou plástico, fabricados a partir de madeira ou petróleo (esse exemplo envolve dois produtos com as mesmas funcionalidades, mas impactos ambientais significativamente distintos).
- Fase 2 – Manufatura do produto, onde os materiais constituintes, já processados, são transformados em produtos que, seguindo o exemplo anterior, poderiam ser copos descartáveis, de papel ou plástico;
- Fase 3 – Processos de embalagem, transporte e comercialização, que podem ou não ser de responsabilidade do fabricante;
- Fase 4 – Uso do produto pelo consumidor. Essa fase é fortemente influenciada pelo projeto e pelo grau de interação do fabricante com seu público-alvo;
- Fase 5 – Processos de final de vida, quando um produto já obsoleto ou defeituoso é reusado, reconicionado, reciclado, recuperado em forma de energia ou descartado.

A consideração da totalidade do ciclo de vida de um produto permite projetar para o meio ambiente, introduzindo no produto características que garantam o menor impacto ambiental possível (técnica de produção conhecida como *Ecodesign*,⁴ explicada por Platcheck et al., 2008). Para alcançar esse objetivo, minimizando esforços em atividades de projeto, é essencial conhecer, o mais detalhadamente possível todos os impactos (negativos e positivos) que o produto pode causar sobre o meio ambiente, em cada fase do seu ciclo de vida.

Aplicado ao setor de eletroeletrônicos, a avaliação do ciclo de vida pode auxiliar na elaboração de projetos de produtos ambientalmente corretos, que contabilizam todas as cargas ambientais associadas a cada fase do ciclo de vida de um produto, processo ou atividade. Antes mesmo de um produto eletrônico tomar forma, o consumo energético, bem como impactos ambientais na extração dos materiais utilizados e resíduos produzidos no fim de vida, já podem ser identificados, possibilitando que medidas no sejam tomadas, ainda no desenvolvimento do produto, para mitigação dos efeitos adversos e redução dos resíduos no fim de vida.

4 Mais detalhes sobre o conceito de *Ecodesign* estão no Capítulo 10: “Gestão da cadeia produtiva de ciclo fechado em empresas do setor eletroeletrônico para adequação a requisitos ambientais”.

► 2. Etapas de uma ACV

A ACV propõe uma análise bastante complexa, com muitas variáveis. Por este motivo há uma estrutura formal, dividida em quatro etapas, para a realização da avaliação do ciclo de vida de um produto. Estas etapas são as seguintes:

- Etapa 1 – Definição dos objetivos e escopo do estudo;
- Etapa 2 – Análise de inventário de ciclo de vida (ICV);
- Etapa 3 – Avaliação do impacto ambiental do ciclo de vida (AICV);
- Etapa 4 – Interpretação do ciclo de vida e análise crítica dos resultados.

A Figura 2 ilustra o inter-relacionamento das etapas que compreendem o estudo de ACV.

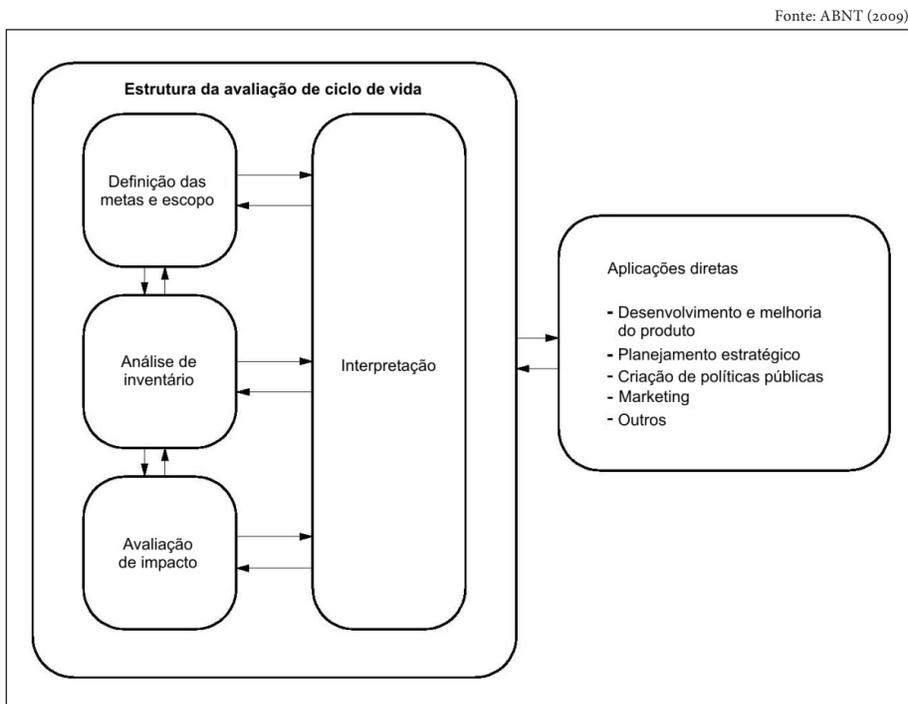


Figura 3: Etapas de uma ACV

2.1. Etapa 1 – Definição dos objetivos e escopo

O primeiro passo para a aplicação da ACV é estabelecer os objetivos e o escopo do estudo, onde são definidos a abrangência e os limites da avaliação em três dimensões:

extensão, que define início e término da avaliação; largura, que define quantos e quais subsistemas serão incluídos na análise; e profundidade, que define o nível de detalhe do estudo. Devido à natureza iterativa da ACV, o escopo pode sofrer ajustes durante o desenvolvimento do estudo. A definição dos objetivos e escopo do ACV envolve as seguintes etapas:

2.1.1.1. DEFINIÇÃO DO OBJETIVO DA ACV: O objetivo de uma ACV deve incluir a aplicação pretendida para o estudo, as razões para sua execução, o público-alvo das informações e se existe a intenção de se utilizar os resultados da ACV em informações comparativas com outros estudos, permitindo sua divulgação pública.

2.1.1.2. DEFINIÇÃO DO ESCOPO DA ACV: É conveniente que o escopo da ACV seja definido de forma a assegurar que a abrangência, profundidade e detalhamento do estudo sejam compatíveis e suficientes para atender ao objetivo declarado. Como a ACV é uma técnica iterativa, é importante considerar que vários aspectos do escopo podem exigir modificações, à medida que os dados e informações vão sendo coletados dos diversos agentes relevantes para o estudo. É dessa maneira que a ACV incorpora em suas análises e prescrições a complexidade de ecossistemas organizacionais com múltiplos atores.

Dependendo do objetivo do estudo, o escopo de uma ACV pode incluir:

- O sistema de produto⁵ a ser estudado;
- As funções do sistema de produto ou, no caso de estudos comparativos, dos sistemas de produto;
- A unidade funcional,⁶ isto é;
- A fronteira do sistema (limites estabelecidos para a análise);
- Os procedimentos de alocação de quê?;
- As categorias de impactos selecionadas (mudanças climáticas, acidificação, eutrofização etc.) e a metodologia para a avaliação de impactos, bem como para a interpretação a ser utilizada subsequentemente;
- Os requisitos para a inclusão de dados;
- Suposições iniciais (pressupostos) das análises, interpretações e conclusões;
- As limitações do estudo (deficiências dos dados, imprecisões, etc.);
- Os requisitos iniciais, quanto à qualidade dos dados;
- O tipo de revisão crítica a ser realizado para o estudo;

A declaração do escopo da ACV deve incluir: as funções do sistema de produto, a unidade funcional e os fluxos de referência.

5 Conjunto de processos interligados, que desempenha uma ou mais funções definidas (ABNT, 2009)

6 É a quantificação do desempenho de um sistema de produto, utilizado como unidade de referência (ABNT, 2009)

Um sistema de produto pode ter várias funções, que devem ser claramente especificadas no escopo, incluindo características de desempenho para o sistema em estudo.

A importância da unidade funcional é fornecer uma referência relacionada às entradas e saídas de materiais e energia, servindo de base comum para a comparação entre resultados de estudos de ACV, o que é particularmente crítico quando diferentes sistemas estão sendo comparados. Dessa forma as unidades funcionais quantificam as funções do produto e devem ser claramente definidas e mensuráveis em unidades que permitam comparações.

Com base nas unidades funcionais escolhidas, devem ser definidos os fluxos de referência em cada sistema de produto, que quantificam as entradas e saídas necessárias para desempenhar a unidade funcional (para o funcionamento de cada unidade funcional, visando a realização das funcionalidades desejadas para o produto).

**Box 1: Exemplo de definição de função,
unidade funcional e fluxos de referência: Tintas**

O produto tinta tem a função específica de recobrir uma superfície. Uma boa unidade funcional para avaliar o produto é recobrir 10m². Para tanto, o fluxo de referência ou quantidade necessária para atender à unidade funcional é 1 litro de tinta do tipo A. Então para o produto tinta:

Função: Recobrir superfícies
Unidade Funcional: Recobrir 10m²
Fluxo de referência: 1 litro da tinta A

2.1.3. DEFINIÇÃO DAS FRONTEIRAS DO SISTEMA: As fronteiras dos sistemas definem os processos elementares que serão incluídos no estudo e dependem da escolha dos elementos do sistema físico a ser modelado, incluindo a definição do objetivo e escopo da ACV, a aplicação pretendida e seu público-alvo, os pressupostos adotados, as restrições de dados e custos e os critérios de corte.

Desta forma, a fronteira do sistema de produto é declarada como parte da definição do escopo, uma vez que os critérios utilizados são importantes para definir o grau de confiabilidade dos resultados do estudo e a possibilidade de se atingir os objetivos propostos.

Para que se obtenha uma análise mais abrangente dos ecossistemas organizacionais em estudo, ao se estabelecer a fronteira do sistema, convém que diversas fases do ciclo de vida, processos elementares e fluxos sejam levados em consideração, tais como:

- Extração de matérias-primas;
- Entradas e saídas de materiais e energia na cadeia principal de manufatura e processamento;
- Distribuição e transporte;
- Produção e uso de combustíveis, eletricidade e calor;

- Uso e manutenção de produtos;
- Disposição final de resíduos de processos e de produtos;
- Recuperação de produtos usados (incluindo reutilização, reciclagem e recuperação de energia);
- Manufatura de materiais auxiliares;
- Manufatura, manutenção e descomissionamento de equipamentos;
- Operações adicionais, tais como aquecimento.

2.1.4. DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DA QUALIDADE DOS DADOS: O escopo também deve definir os requisitos da qualidade dos dados, os quais especificam, em termos gerais, as características dos dados necessários para o estudo de ACV. Essas características são importantes para a compreensão da confiabilidade dos resultados do estudo e para sua interpretação adequada.

2.2. Etapa 2 – Análise de inventário de ciclo de vida (ICV)

A análise de inventário de ciclo de vida (ICV) é a etapa da ACV na qual ocorrem a coleta de dados e os procedimentos de cálculo que correlacionam os dados com os processos elementares e a unidade funcional.

Assim como a técnica de ACV, a condução do ICV é um processo iterativo⁷ durante o qual podem ser identificados novos requisitos e limitações dos dados ao se repetir os procedimentos. À medida que os dados são coletados e amplia-se o conhecimento sobre o sistema, podem ocorrer mudanças nos procedimentos, visando a satisfação dos objetivos declarados para o estudo. Em alguns casos, o ICV pode mostrar a necessidade de revisão dos objetivos e escopo da ACV.

A avaliação de inventário de ciclo de vida compreende os seguintes procedimentos:

- Coleta de dados;
- Correlação com o processo elementar e unidade funcional;
- Alocação de fluxos de entrada e saída.

2.2.1. COLETA DE DADOS: Os dados para cada processo elementar, dentro da fronteira do sistema, podem ser classificados nas seguintes categorias:

- Entrada de energia, entradas de matérias-primas e outras entradas físicas;
- Produtos, co-produtos e resíduos;
- Emissões atmosféricas e descargas de resíduos para a água e solo;

⁷ Processos iterativos são aqueles que se repetem diversas vezes, gerando resultados parciais que são reutilizados nas repetições, o que permite maior refinamento do resultado final.

Como o processo de coleta dos dados pode demandar muitos recursos, convém que as restrições práticas quanto à coleta de dados sejam consideradas na etapa de definição de escopo.

2.2.2. CORRELAÇÃO DOS DADOS AOS PROCESSOS ELEMENTARES E UNIDADE FUNCIONAL:

Na prática, muitas vezes os dados coletados, não estão na unidade ou não atendem a proporção desejada para serem utilizados diretamente no estudo. Para tanto, uma correlação deve ser feita no sentido de dar as devidas proporções nos fluxos de entradas e saídas, permitindo a comparação desses dados.

Esses dados são, dessa maneira, gerados para cada processo elementar, referindo-se à unidade funcional estabelecida no ACV para o sistema de produto a ser modelado. O procedimento de correlação deve incluir:

- Correlação dos dados com os processos elementares;
- Correlação dos dados com os fluxos de referência e com a unidade funcional.

O cálculo dos fluxos energéticos é especialmente importante nesta etapa e deve considerar os diferentes combustíveis e fontes de energia elétrica que compõem a matriz energética do local onde o processo ocorre. Igualmente importantes são os dados de eficiência, relativos aos processos de conversão e distribuição energéticas e as entradas e saídas associadas à geração e uso da energia.

2.2.3. ALOCAÇÃO DE FLUXOS DE ENTRADA E SAÍDA: A maioria dos processos industriais fornece mais de um produto final, gerando paralelamente produtos intermediários, descartes, etc. Determinar dentro de um processo de fabricação, por exemplo, o quanto de insumo ou energia foi utilizado para um produto específico não é uma questão de fácil resposta, e, muitas vezes, somente poderá ser resolvida alocando os fluxos em relação ao produto alvo da avaliação. Os processos de alocação podem ser feitos em relação à massa, ao valor econômico ou ao conteúdo energético do produto. No caso de uma alocação por massa, por exemplo, em um processo (P₁) no qual as saídas são os produtos A e B, o produto que tiver maior massa, será responsabilizado por maior parte dos impactos ambientais causados pelo processo P₁.

2.3. Etapa 3 – Avaliação do impacto ambiental do ciclo de vida (AICV)

Esta etapa tem como objetivo estudar o quanto são significativos os impactos ambientais potenciais do ciclo de vida de um produto, utilizando-se os resultados do ICV da etapa anterior. Em geral, esse processo envolve a associação dos dados do inventário com categorias específicas de impacto e com os indicadores de categoria.

A avaliação do impacto pode incluir o processo iterativo da revisão do objetivo e

escopo declarados para o estudo de ACV, visando conhecer o grau de atendimento a esses requisitos ou mesmo modificar esses parâmetros, caso se conclua pela impossibilidade de sua realização plena frente aos impactos identificados.

Questões como escolha, modelagem e avaliação de categorias de impacto podem introduzir subjetividades na fase de AICV. Portanto, a transparência é um fator crítico na avaliação de impacto, para assegurar que os pressupostos estejam claramente descritos e relatados.

2.3.1. ELEMENTOS DA AICV: A Norma ABNT NBR ISO 14040 (2009) divide a etapa de AICV em diferentes elementos, pelas razões expostas a seguir:

- Cada elemento da AICV é distinto e pode ser claramente definido;
- Os procedimentos, pressupostos e outras operações da AICV, dentro de cada elemento, podem ser transparentes, visando a sua revisão crítica e comunicação;
- A escolha de valores (uso de valores e subjetividade) dentro de cada elemento pode ficar transparente para a revisão crítica e comunicação.

Dentro dos elementos da AICV, o nível de detalhamento, escolha das categorias de impacto e as metodologias empregadas dependem do objetivo e escopo declarado para o estudo de ACV.

A Figura 4 (na próxima página) descreve os elementos da AICV.

2.4. *Etapa 4 – Interpretação do ciclo de vida e revisão crítica dos resultados*

A interpretação do ciclo de vida é a etapa da ACV que considera as constatações da análise de inventário e da avaliação de impacto, buscando fornecer resultados consistentes com o objetivo e escopo definidos, levando em conta as limitações do estudo realizado. Essa etapa também pode incluir o processo iterativo de rever e revisar o escopo da ACV, assim como a natureza e qualidade dos dados coletados.

A etapa de interpretação também visa fornecer uma apresentação compreensível, completa e consistente dos resultados, fornecendo suporte as conclusões e recomendações. Dessa maneira, a interpretação é fundamental para a elaboração de mudanças que incrementem a sustentabilidade de um determinado sistema de produção.

Os resultados finais de uma ACV devem passar por uma revisão crítica, principalmente quando esses resultados vão se tornar públicos e destinarem à comparação entre diferentes sistemas, uma vez que existe a possibilidade de que as conclusões do estudo afetem partes interessadas que são externas aos envolvidos diretamente no estudo.

O processo de revisão crítica deve verificar se a ACV atingiu os resultados desejados, satisfazendo os requisitos da metodologia, dados, interpretação e comunicação, de forma consistente com os objetivos e escopo do estudo.

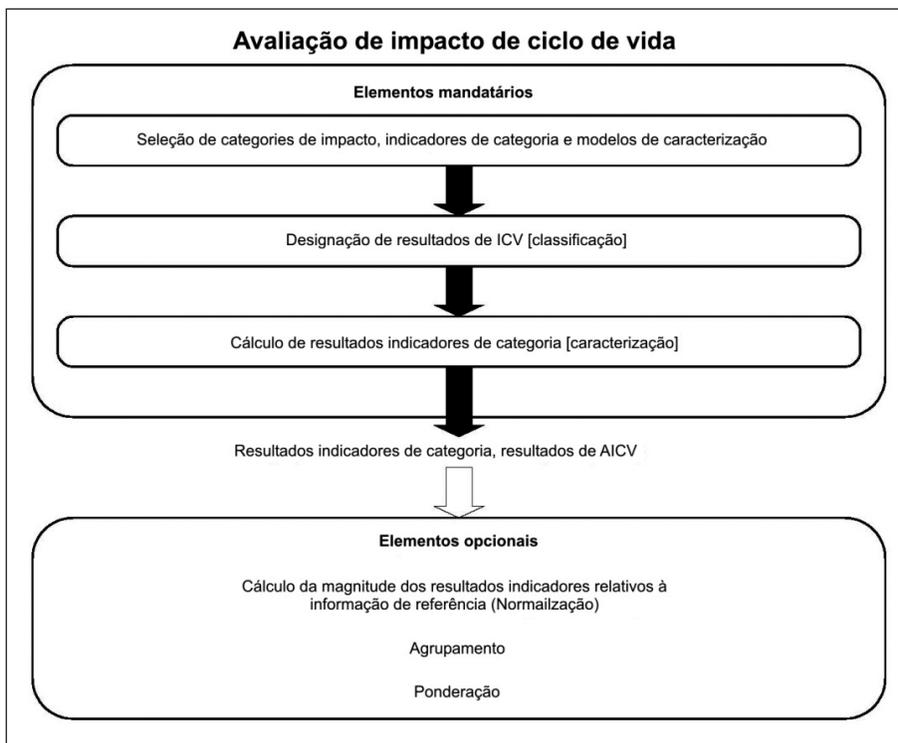


Figura 4: Elementos da Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (ABNT, 2009)

► 3. Limitações e dificuldades da Avaliação do Ciclo de Vida

Na prática, as organizações encontram grandes dificuldades para conseguir inventários detalhados de ciclo de vida e dificuldades ainda maiores em relacionar os mesmos com uma análise de impacto consistente. Essas dificuldades terminam por comprometer a qualidade das ações que são propostas para a melhoria ambiental do projeto. Várias razões explicam essas dificuldades (Ribeiro et al., 2003):

- Inventários de ciclo de vida abrangentes são onerosos e consomem muito tempo, em parte porque a aquisição de informações quantitativas pode exigir medições analíticas *in loco* ou inspeções detalhadas de arquivos e registros;
- O caráter genérico da técnica de ACV possibilita a aplicação em diversos segmentos. No entanto, cada caso exige uma aplicação específica que melhor se adapte e considere os aspectos e questões particulares, o que torna essas análises complexas e custosas.
- Análises de impacto causam controvérsias, em parte porque envolvem julgamen-

to de valor na comparação e estimativa de diferentes impactos, onde é praticamente inevitável a interferência do fator subjetivo.

De acordo com Ribeiro et al. (2003), os estudos eficientes de ACV devem apresentar as seguintes características:

- Permitir comparações diretas entre produtos;
- Ser aplicável e consistente para diferentes equipes de avaliação;
- Abranger os estágios de ciclo de vida do produto ou processo, bem como os aspectos ambientais relevantes definidos para o estudo;
- Ser suficientemente simples para permitir avaliações relativamente rápidas e de baixo custo.

Nesse sentido, é necessário ressaltar a dependência por bancos de dados de inventários⁸ de ICV regionais, consistentes com a realidade ambiental da região onde ocorre cada fase do ciclo de vida do produto, principalmente quanto às características da matriz de produção energética, processos de extração e disponibilidade das matérias-primas.

A maior parte das bases de dados de inventários de ciclo de vida (ICV) disponíveis atualmente descreve apenas as características ambientais e tecnológicas dos ciclos de vida dos produtos, utilizando dados importados dos países desenvolvidos que possuem inventários consolidados, o que torna os modelos de ACV existentes mais adequados para os processos ambientais dessas regiões.

É indispensável, portanto, o levantamento de inventários de ciclo de vida que englobem os dados característicos de países em desenvolvimento, visando incorporar corretamente as diferenças tecnológicas, naturais, populacionais e mercadológicas relativas à matriz energética, geologia, clima, densidade populacional, biomas, tipos de produtos etc. No Brasil, a falta desses dados, além de prejudicar a aplicação da técnica de ACV nos produtos e processos nacionais, pode restringir as exportações brasileiras, devido à dificuldade para atender às exigências internacionais de rotulagem ambiental que normalmente são embasadas em estudos de ACV (Chehebe, 2002).

► 4. Perspectivas para ACV no Brasil

Existe uma forte tendência no sentido de um cenário em que haverá uma grande pressão de mercado, no qual os rótulos ambientais criarão barreiras que impedirão a circulação de produtos que não atendam critérios ambientais específicos, considerando todo o ciclo de vida. Tal perspectiva irá demandar maiores esforços das em-

⁸ Dados de processos para utilização em softwares especializados de ACV.

Box 2. Base de dados de inventário do ciclo de vida

A grande variedade de interações entre diferentes processos ao longo do ciclo de vida de um produto ou serviço torna o desenvolvimento da ACV uma metodologia altamente dependente de base de dados. Diante desse contexto, muitos países começaram a ter iniciativas próprias para construção das suas bases de dados, a saber: Suíça, Dinamarca, Estados Unidos, Alemanha e mais recentemente, Holanda e Japão.

Dentre essas bases de dados, devido à quantidade de processos e disponibilidade nos softwares mais utilizados em ACV, merecem destaque, a ecoinvent e as bases de dados integradas ao ILCD (*International Reference Life Cycle Data System*).

A base de dados ecoinvent apresentou seus primeiros passos em 1990, por meio de projetos para harmonização e compilação de dados financiados pelos órgãos suíços de estrada (ASTRA), construção e logística (BBL), energia (BFE), agricultura (BLW) e meio ambiente (BUWAL). O desenvolvimento do software para gerenciar a base de dados foi financiado pelo centro suíço de inventário do Ciclo de Vida e EMPA. Todos esses esforços deram origem, em 2003, a primeira versão da base de dados ecoinvent V1.01. Atualmente a versão 2.0, lançada em 2007, conta com mais de 4000 processos que não se limitam apenas ao território Suíço (Weidema, 2011).

A ILCD é uma iniciativa da União Européia (UE) e compreende ICVs da indústria em nível de UE. A proposta do ILCD é disponibilizar os dados de forma gratuita e sem restrições para os praticantes de ACV.

presas e do governo no sentido do desenvolvimento da técnica de ACV no Brasil, tais como “O Programa de Rotulagem Ambiental da ABNT”, descrito no Box 3.

Os documentos contendo os critérios do programa são preparados com base em uma visão geral sobre aspectos relacionados à avaliação do ciclo de vida dos produtos e em informações de especificações para produtos similares, desenvolvidos pelos membros do *Global Ecolabellin. Network* (GEN).

Neste sentido e considerando a necessidade de se inserir e tornar efetiva a ACV como um instrumento de apoio à sustentabilidade ambiental no Brasil, o governo lançou em 2010 o Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida (PBACV). Tal programa estabelece diretrizes para apoiar as ações de ACV no sentido de aumentar a qualidade ambiental da produção da indústria brasileira e a promover o acesso aos mercados interno e externo.

Na mesma tendência, o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), com apoio dos ministérios de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e Meio Ambiente (MMA), criou e coordena o projeto AMBIENTRONIC.⁹ Este projeto pretende auxiliar o setor de equipamentos eletroeletrônicos do Brasil na adequação às normas ambientais e desenvolvimento de tecnologias para sustentabilidade, incluindo a ACV como uma das técnicas para alcançar esse objetivo.

9 Mais informações sobre o AMBIENTRONIC em <http://www.cti.gov.br/index.php/apresentacao.html>.

Box 3. O Programa de Rotulagem Ambiental da ABNT

No Brasil, o programa de Rotulagem Ambiental da ABNT, desenvolvido em 2009, teve como objetivo apoiar um esforço contínuo para melhorar e/ou manter a qualidade ambiental através da redução do consumo de energia e de materiais, bem como minimizar os impactos de poluição gerados pela produção, utilização e disposição de produtos e serviços.

Os documentos contendo os critérios do programa são preparados com base em uma visão geral sobre aspectos relacionados à avaliação do ciclo de vida dos produtos e em informações de especificações para produtos similares, desenvolvidos pelos membros do *Global Ecolabellin. Network* (GEN).



Selo de
qualidade
ambiental
concedido
pela ABNT

> 5. Conclusões

Diante dos efeitos adversos do clima e a crescente preocupação em torno dos impactos ambientais causados pelo avanço da indústria eletroeletrônica, é necessário um novo modelo produtivo, que integre as dimensões ambientais, econômicas e sociais, tornando-se menos agressivo ao meio ambiente e a saúde humana.

No presente contexto, a Avaliação do Ciclo de Vida pode ser uma ferramenta no auxílio à sustentabilidade no setor de eletroeletrônicos, uma vez que viabiliza a visão sistêmica facilitando a identificação e mitigação de impactos adversos, desde a extração da matéria-prima até a disposição final.

Inserida no desenvolvimento de produtos, a ACV pode fornecer informações que ajudem na escolha por materiais, processos ou serviços que apresentem menor impacto ambiental, tornando-se uma técnica de análise estratégica que envolve diferentes atores de ecossistemas organizacionais.

Contudo, a maior vantagem da ACV, que é a incorporação de diferentes atores, processos e fluxos na avaliação da sustentabilidade de um produto, torna imprescindível que a aplicação dessa técnica obedeça a uma metodologia rigorosa. O presente capítulo procurou descrever as etapas dessa metodologia, bem como descrever suas principais limitações. Ressalte-se aqui a necessidade de criação de bases de dados de inventários de ciclo de vida (ICV) adaptadas à realidade brasileira. Tal medida é imprescindível para análises precisas que garantam a sustentabilidade ambiental, econômica e social de sistemas de produção brasileiro, o que é um fator-chave para o aumento da competitividade da indústria nacional. No caso da indústria de eletroeletrônicos, é especialmente crítica a aplicação fundamentada da ACV, devido tanto aos impactos ambientais associados como ao caráter global de seu mercado, o que exige que seus fabricantes estejam sempre atualizados em termos da certificação da sustentabilidade dos produtos, caso queiram manter ou conquistar os mercados mundiais.

► REFERÊNCIAS

- ABNT *Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura* // ABNT NBR ISO 14040. - São Paulo : ABNT, 21 de 05 de 2009.
- ABNT *Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e orientações* // ABNT NBR ISO 14044. - São Paulo : ABNT, 2009.
- BONILLA S.H. et al. *The roles of cleaner production in sustainable development of modern societies: an introduction to this special issue* [Article] **Journal of Cleaner Production**. Amsterdam: Elsevier, 2010. - Vol. 18. - pp. 1-5.
- CALDEIRA-PIRES, A. *Abordagem do ciclo de vida no Brasil: novos projetos* (Apresentação). In: **Seminário avaliação do ciclo de vida e sustentabilidade na gestão da indústria**, FIESP, São Paulo, 29/09/2010. Disponível: <http://www.fiesp.com.br/arquivos/2010/eventos_cursos/acv/armando.pdf> Acesso em: 17/10/2011.
- CHEHEBE J. *Análise do Ciclo de Vida de Produtos - Ferramenta Gerencial da ISO 14000* [Livro]. - Rio de Janeiro : Qualitymark, 2002.
- IPCC, 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- KOPICKI, R., Berg, M.J., Legg, L., Dasappa, V., and Maggioni, C. (1993), *Reuse and Recycling – Reverse Logistics Opportunities*, Oak Brook, IL: Council of Logistics Management.
- GUIDE Jr., V.D.R. and Van Wassenhove, L.N. (2009), *The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research*, **Operations Research**, Vol. 57 No. 1, pp.10–18.
- MUÑOZ, S.I. *Impacto ambiental da área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto: Avaliação dos níveis de metais pesados*. Ribeirão Preto, 2002.
- PLATCHECK E.R. et al. *Methodology of ecodesign for development of more sustainable electro-electronic equipments* [Artigo]. **Journal of Cleaner Production**. - Amsterdam: Elsevier, 2008. - Vol. 16. - pp. 75-86.
- RIBEIRO C.M., GIANNETTI B.F. e ALMEIDA M.V.B. *Avaliação do ciclo de vida (ACV): uma ferramenta importante da ecologia industrial* [Periódico]. **Revista de graduação de engenharia química**. - São Paulo : USP, jan-Jun de 2003. - Vol. 11. - pp. 13-22.
- GRAEDEL T.E. e B.R. ALLENBY. *Industrial Ecology* [Livro]. - New Jersey : Prentice Hall, 1995. - p. 412.
- WEIDEMA B P, BAUER C, HISCHIER R, MUTEL C, NEMECEK T, VADENBO C O, WERNET G. *Overview and methodology. Data quality guideline for the ecoinvent database version 3*. Ecoinvent Report 1(v3). St. Gallen: The ecoinvent Centre, 2011.

CAPÍTULO 8

Gestão da cadeia produtiva de ciclo fechado em empresas do setor eletroeletrônico para adequação a requisitos ambientais

Marília Tunes Mazon
Daniela G.S.V.M. de Moraes

› Introdução

REQUISITOS AMBIENTAIS¹ têm trazido uma série de demandas à indústria eletroeletrônica, que implicam em mudanças profundas em seus modelos de negócio. Entre essas demandas está a responsabilização de produtores pelo passivo ambiental gerado por seus produtos ao final de sua vida útil, a saber, os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEEs). Os REEEs são atualmente um grave problema ambiental, tanto devido ao volume gerado (decorrente da alta taxa de obsolescência desses produtos e da sua crescente incorporação em outros produtos) como pela grande quantidade de substâncias nocivas ao meio ambiente contidas nestes equipamentos (chumbo, mercúrio, etc.).

A responsabilidade dos fabricantes de eletroeletrônicos pelo descarte de REEEs tem sido exigida por meio de regulamentações voltadas à minimização desse passivo ambiental, como a diretiva europeia WEEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment*) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) brasileira. Essas regulamentações induzem os produtores a adaptarem seus produtos e processos focando não

¹ Entende-se aqui por requisitos ambientais as exigências colocadas para produtos e processos no sentido de reduzir seus impactos sobre a qualidade e quantidade de recursos naturais como água, ar e solo. Dessa maneira, os requisitos ambientais são fatores institucionais indutores de mudanças em produtos e processos no sentido de torná-los 'verdes' (Freeman, 1996).

só a cadeia de fabricação, mas também a cadeia produtiva de ciclo fechado, isto é, as etapas envolvidas na recuperação do equipamento ao final da sua vida útil (logística reversa) e seu reprocessamento.

Esta tendência se mostra sólida e inexorável e implica em mudanças nas estratégias de negócios da indústria eletroeletrônica, contemplando duas vertentes, que requerem o estabelecimento de relacionamentos com empresas especializadas no processamento de REEEs e/ou a implementação de processos *in house*: a) inclusão de novas variáveis no *design* dos produtos, incluindo a restrição de substâncias perigosas, a reciclabilidade, a homogeneização de materiais e mecanismos facilitadores da montagem/desmontagem de equipamentos (*Design for Environment*); b) novos modelos de negócio, em que as empresas oferecem serviços associados ao equipamento ao invés de transferir sua propriedade para o cliente (Sistema Produto-Serviço), mudando-se a estratégia de “obsolescência programada”. A adoção dessas novas estratégias demanda a introdução de inovações gerenciais e tecnológicas, por exemplo, por meio de esquemas de logística reversa e novos *designs* de produtos.

O presente capítulo tem como objetivo investigar as oportunidades e desafios que a regulação de REEEs introduz para as empresas produtoras de eletroeletrônicos, destacando-se as novas estratégias de negócios que incorporam a responsabilidade pela gestão do descarte de seus produtos. O capítulo discute a relação entre regulação ambiental e inovações gerenciais e tecnológicas, expondo as regulações para o descarte de REEEs e suas implicações em termos de demandas por tecnologias que visam implementar a cadeia produtiva de ciclo fechado.

► 1. Requisitos ambientais e estratégias de inovação no setor de equipamentos eletroeletrônicos

1.1. A regulação ambiental e sua influência no ritmo e direcionamento da inovação

As políticas ambientais incorporam em regras formalmente instituídas demandas da sociedade relacionadas à melhoria da oferta e qualidade de recursos naturais. Para as empresas, é muito comum que a adequação às regulações seja vista como sinônimo de elevação de custos, perda de competitividade e retorno incerto com gastos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), implicando na redução do lucro com suas operações.

O escopo de estudo que trata das consequências das exigências ambientais sobre a competitividade dos setores envolvidos é restrito em termos de referencial teórico. A maior parte das publicações sobre o tema é formada por estudos de casos dispersos, que analisam situações particulares.

As implicações da regulação ambiental para a competitividade das organizações são tratadas por autores da economia da tecnologia que investigam as implicações das regulamentações em inovações tecnológicas em produtos e processos. Dentro dessa linha,

destaca-se o enfoque de autores da economia evolucionista ou neo-schumpeteriana.²

De acordo com Mulder et al (1999), a literatura econômica evolucionista analisa o processo de inovação como um sistema inserido em um contexto particular, com fatores que induzem o sistema a gerar e difundir determinadas tecnologias. A concepção evolucionista destaca, dessa maneira, a importância que mudanças institucionais e sociais têm sobre a direção e o ritmo da inovação. Sob a ótica evolucionista, a variável ambiental é um novo elemento decisivo na evolução dos ambientes seletivos que condicionam as rotinas de busca das firmas (Romeiro & Salles Filho, 1999).

A influência de novos elementos institucionais nas decisões empresariais pode ser mais bem compreendida a partir dos conceitos de *busca, rotina e seleção* (Nelson & Winter, 1982). As rotinas, por estabelecerem e consolidarem o armazenamento do conhecimento, fazem com que as empresas tomem decisões seqüenciais, mas que não podem ser revertidas sem custos. Esse caráter cumulativo da mudança técnica é regido pela trajetória tecnológica de cada indústria, cuja direção depende tanto de razões internas – acúmulo de aprendizado inovativo –, quanto de razões externas às empresas – por exemplo, as características do paradigma tecnológico vigente. Dessa maneira, os processos de busca podem direcionar essas rotinas para diferentes sentidos, de acordo com as modificações e/ou novas tendências no meio institucional, tais como as regulações ambientais. Essa busca, segundo Nelson e Winter (1982), só encontra o seu fim quando selecionada a nova tecnologia a ditar o processo produtivo, orientando, assim, o sucesso ou fracasso na adaptação das empresas ao cenário que estão sendo inseridas.

Inicialmente, apesar do processo de inovação ser motivado pelo caráter compulsório da regulação ambiental – o que no curto prazo acarreta aumento dos custos – num segundo momento, as decisões empresariais relacionadas à inovação ambiental deixam de ser movidas somente por medidas coercitivas, adotando-se uma postura pró-ativa que busca aliar a adequação à regulação com ganhos econômicos. Ou seja, as decisões empresariais passam a explorar as oportunidades tecnológicas ambientais que podem gerar potenciais ganhos em estratégias concorrenciais (Romeiro & Salles Filho, 1999).

Dentre as compensações econômicas salientam-se a maior eficiência produtiva, a economia de materiais e de energia, a diminuição no número de paralisações devido ao aumento de atividades de monitoramento e manutenção, o aproveitamento de subprodutos e resíduos, a redução do desperdício e de custos de manuseio e armazenamento, o aumento na segurança, melhorias no produto com possibilidade de sobrepreço e atuação em novos mercados (Ansanelli, 2008).

Os tipos de inovações desenvolvidas pelas empresas dependem dos instrumentos,

2 A economia evolucionista incorpora princípios de ciências naturais, como a biologia evolutiva e a termodinâmica de sistemas abertos. Começou a se consolidar como uma abordagem unificada em 1982, com o lançamento do livro *An Evolutionary Theory of Economic Change*, de Richard Nelson e Sidney Winter (Saviotti, 1997).

da eficácia e eficiência da política ambiental vigente, além da estrutura da indústria e das características das empresas. Essas condições estão descritas nos indicadores de tecnologias ambientais incluídos no Manual de Oslo para a avaliação do desempenho da inovação, que inclui a avaliação dos sistemas de gestão ambiental utilizados, fontes e custos da informação, apoio do governo, entre outros (Kemp & Arundel, 1998 apud Ansanelli, 2011).

1.2. Regulações ambientais para o setor de equipamentos eletroeletrônicos

As diversas abordagens adotadas pelas regulações ambientais e a relevância desse tema incitaram a criação de um conjunto de normas específicas, dentre as quais as referentes ao tratamento de resíduos sólidos. Dentro dessa categoria de regulação ambiental, essa sessão descreverá as regulações elaboradas para disciplinar o descarte dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEEs). Essas regulações, elaboradas em função da intensificação da produção e do consumo aliada às estratégias de obsolescência programada, responsabilizam os produtores de eletroeletrônicos pelo descarte ambientalmente correto de seus produtos.

O descarte incorreto dos REEEs gera problemas ambientais sérios, não só pelo volume e pelo tempo que os resíduos levam para se decompor, mas também pela presença de metais pesados em sua composição, altamente prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente.³

Discussões sobre o problema na Comunidade Européia (CE) culminaram, no ano de 2003, em regulações específicas para os equipamentos eletroeletrônicos, especificamente as Diretivas WEEE⁴ (*Waste Electrical and Electronic Equipment*) e RoHS⁵ (*Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment*).

A diretiva WEEE estabelece como prioridade a prevenção da geração de REEEs, seguidas da reutilização, reciclagem e outras formas de recuperação desses resíduos. Inclui também a melhoria do desempenho ambiental de todos os envolvidos no ciclo de vida dos eletroeletrônicos, incentivando a recuperação e a valorização dos resíduos como componentes do produto. Assim, está previsto na WEEE o dever dos fabricantes de informar à sociedade a respeito dos componentes e materiais usados em seus produtos; assegurar que os REEEs sejam entregues aos fabricantes sem encargos; instalar e explorar sistemas de coleta individuais ou coletivos; criar sistemas para tratar os REEEs utilizando as melhores técnicas de tratamento, valorização e reciclagem; identificar soluções consorciadas ou compartilhadas com outros gerado-

3 No Brasil são gerados aproximadamente, 680 mil toneladas de REEEs por ano, prevendo-se a geração de 22 milhões de toneladas de REEEs entre 2001 e 2030 (FEAM, 2010).

4 Diretiva 2002/96/EC.

5 Diretiva 2011/65/EU de 8 de junho de 2011 que substitui a Diretiva 2002/95/CE de 27 de janeiro de 2003.

res de resíduos; fabricar embalagens com materiais que propiciem a reutilização ou a reciclagem; disponibilizar pontos de entrega de resíduos reutilizáveis e recicláveis.

Já a Diretiva RoHS diz respeito à restrição e quantidade mínima permitida para o uso de substâncias perigosas em equipamentos eletroeletrônicos (EEE). São elas: chumbo, mercúrio, cádmio, cromo hexavalente, bifenil polibromados (PBB) e éteres difenil polibromados (PBDE). Esta diretiva baseia-se no princípio da precaução e sua eficácia depende da sua harmonização com a política ambiental. De maneira a demonstrar a conformidade dos EEE com os requisitos aplicáveis a diretiva, os fabricantes elaboram uma declaração de conformidade.

Vale ressaltar que a restrição da utilização das substâncias perigosas faz aumentar as possibilidades de reciclagem dos REEEs e a sua rentabilidade econômica, além de diminuir o impacto negativo sobre a saúde dos trabalhadores nas instalações de reciclagem.

Frente ao quadro de internacionalização dos mercados, as medidas da Comunidade Européia passaram a sensibilizar, tanto política quanto economicamente, diversos outros países, especialmente os grandes exportadores de eletroeletrônicos. Na China, desde 2006, vigora o “China RoHS”, similar à diretiva RoHS européia. Nos Estados Unidos, foram criadas duas leis acerca dos REEEs: o Decreto de Reciclagem de Eletrônicos (baseado na WEEE e na RoHS, em vigor desde 2003) e a *Electronic Equipment Collection*, sancionada em 2008, a qual determina que os produtores submetam um plano de manejo do lixo a autoridades públicas dos municípios e proíbe o descarte de equipamentos eletroeletrônicos em aterros sanitários. Já no Japão, a *Home Appliance Recycling Law*, em vigor desde 1998, visa abolir o uso de substâncias tóxicas na fabricação dos produtos, aumentar o índice de reciclabilidade e proibir o seu depósito inadequado. Para isso, prevê que o consumidor seja responsável pelo descarte do produto eletroeletrônico, sendo o Estado responsável pelo sistema de coleta e logística reversa, cabendo ao produtor reciclar e neutralizar as substâncias perigosas dos equipamentos.

No caso brasileiro, a legislação pertinente está contida no documento que detalha a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual inclui a gestão dos resíduos eletroeletrônicos, mas, de maneira mais abrangente. Tem entre seus princípios o da “responsabilidade compartilhada”, diferente daquele pelo qual a WEEE é regida, a saber, o da responsabilidade do produtor. Em linhas gerais, a Lei e a Diretiva apresentam objetivos próximos, como a ordem de prioridade de não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Também tem em comum a previsão de incentivos para o desenvolvimento de tecnologias limpas e a redução do volume e da periculosidade dos resíduos.

Uma característica importante da PNRS para incentivar a adoção de tecnologias ambientais é o estabelecimento de prioridade para as aquisições e contratações governamentais para bens e serviços ambientalmente corretos, incluindo: a) produtos reciclados e recicláveis; b) bens, serviços e obras que adotem tecnologias compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis. Além disso, a PNRS inclui a previsão de elaboração de diagnósticos da situação atual dos resíduos sólidos

no Brasil; metas para o aproveitamento energético dos resíduos e metas para a eliminação e recuperação de lixões (Lei 12305/2010).

A fim de incentivar o desenvolvimento de tecnologias limpas, a PNRS igualmente prevê o fomento à pesquisa científica e tecnológica; cooperação técnica e financeira entre o setor público e o setor privado para o desenvolvimento de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização, tratamento de resíduos; incentivos fiscais, financeiros e creditícios; utilização de recursos do Fundo Nacional do Meio Ambiente e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Para Cramer e Zegfeld (Cramer e Zegfeld, 1991 apud Almeida, 2001) as tecnologias ambientais radicalmente inovadoras são aquelas por eles denominadas de tecnologias integradas de processo limpo (*clean-process-integrated-technologies*), pelas quais as consequências ambientais de um produto são pensadas desde o momento de sua concepção – envolvendo design, seleção da matéria-prima e insumos em geral, processo produtivo, embalagem, distribuição e consumo – até a disposição final de seus resíduos. Isto é, são tecnologias que asseguram a operacionalização de processos limpos combinada à geração de produtos limpos. Esse é o caso das inovações possibilitadas pelas regulações ambientais referentes aos REEEs.

► 2. Regulação de REEEs e a indústria brasileira de eletroeletrônicos: oportunidades e desafios

A necessidade de estabelecer sistemas de gestão de REEEs imposta pela regulação cria uma série de demandas gerenciais e tecnológicas, exigindo a adequação das empresas brasileiras, especialmente aquelas de perfil exportador. Se por um lado, essas demandas significam um aumento de custos e maiores barreiras à entrada nos mercados globais, por outro, trazem a oportunidade de atualização tecnológica e organizacional das empresas, que podem se adaptar a padrões de excelência em termos dos sistemas de gestão e tecnologias adotadas.

Seguir as exigências ambientais internacionais pode agravar um problema crônico da indústria eletrônica brasileira em relação à importação de componentes, que raramente são produzidos no país. Ansanelli (2008) alerta para os riscos de dependência tecnológica que a necessidade de adequação à regulação pode acarretar (no caso citado, de empresas brasileiras à diretiva RoHS): “*Como consequência da falta de fornecedores adequados, a competição pode ser limitada, sobretudo através da exclusão de fornecedores pequenos e médios (menos concentrados) ou da importação via relações matriz filial.*” (Ansanelli, 2008: 131).⁶

No entanto, as mudanças trazidas pela regulação criam oportunidades de atuali-

6 O estudo sobre tecnologias de REEEs mostra-se estratégico ao se considerar o baixo domínio por empresas brasileiras de tecnologias ambientais: de 107 empresas fornecedoras dessas tecnologias no Brasil, Tigre et al (1994) constataram que 32% eram de capital nacional e o restante de capital estrangeiro, a maioria européia e norte-americana.

zação tecnológica e organizacional de empresas brasileiras de eletroeletrônicos, podendo promover o aumento de sua competitividade e sua maior inserção no comércio internacional. A natureza dessas regulações possibilita que as empresas adotem novas estratégias de negócios, entre elas, a inclusão de novas variáveis no *design* dos produtos (*Design for Environment*) (Rose, 2000), como a restrição de substâncias ambientalmente agressivas, a reciclabilidade, a homogeneização de materiais, mecanismos para montagem/desmontagem de equipamentos. Também traz a oportunidade de desenvolver novos modelos de relacionamento com os clientes, nos quais as empresas oferecem serviços associados ao equipamento ao invés de transferir sua propriedade para o cliente (Sistema Produto-serviço), mudando-se a lógica de “obsolescência programada” (Manzini & Vezzoli, 2002; Mont & Tukker, 2006).

Isso, contudo, requer que as empresas ampliem seu escopo de atuação, visando implementar a cadeia produtiva de ciclo fechado.

2.1. Cadeia produtiva de ciclo fechado

A cadeia produtiva de ciclo fechado incorpora etapas que vão desde a produção de matérias-primas até a recuperação do equipamento ao final da vida útil⁷ e seu reprocessamento. Ou seja, a implementação de cadeias produtivas de ciclo fechado requer esquemas de cadeia produtiva reversa, envolvendo a integração das atividades de coleta, de produção reversa (desmontagem e reuso) e de distribuição (Figura 1).

A gestão da cadeia reversa requer o gerenciamento dos processos e dos fluxos de informações relacionadas ao descarte dos produtos vendidos por uma empresa após seu consumo que, através de canais de distribuição reversos, retornam ao ciclo produtivo. Isso exige o estabelecimento de novas relações com fornecedores,⁸ incluindo uma série de agentes envolvidos com a gestão de resíduos (coletores, recicladores, etc.):

Se possível, a integração da cadeia de suprimentos direta com a reversa seria mais vantajosa, porém muito mais complicada. A universidade Purdue está realizando uma pesquisa que visa desenvolver modelos de cadeia de suprimentos que incluem a recuperação de produtos coletados, desmontagem e remanufatura [...] AT&T está desenvolvendo relacionamentos com fornecedores para gerenciar produtos no fim de vida [...] (Rose, 2000: 30, tradução nossa).

7 Exemplos de implementação de programas para recuperação e revenda de equipamentos após o final de sua vida útil são os programas de recirculação de equipamentos de imagens médicas desenvolvidos pelas empresas *General Electric Healthcare*, *Philips Healthcare* e *Siemens Medical* (Centre for Remanufacturing & Reuse, s.d.).

8 As empresas também podem internalizar a gestão de seus resíduos, desenvolvendo processos próprios. Por exemplo, em 2011 a Panasonic inaugurou uma planta com capacidade para reciclar 1 milhão de equipamentos eletrônicos por ano, utilizando tecnologias de propriedade da Panasonic e visando vender materiais para companhias de refino de resíduos, recicladores de plásticos e empresas produtoras de eletrônicos (Panasonic Corporation, 2011).

Fonte: Elaboração Própria

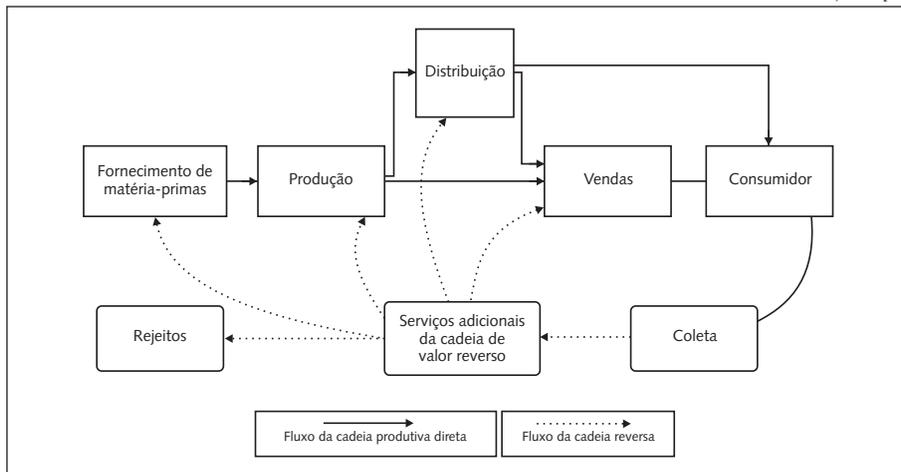


Figura 1: Representação esquemática de uma cadeia produtiva de ciclo fechado

Se no fluxo da cadeia direta verifica-se uma possibilidade de previsão no desenvolvimento do processo, o fluxo da cadeia reversa possui um nível de incerteza bastante alto, por exemplo, questões como qualidade do material e quantidade são difíceis de serem controladas.

No que diz respeito ao sucesso da implementação de cadeias reversas verifica-se que os objetivos operacionais são determinantes, envolvendo a execução prática dos processos, tais como análise custo/benefício, operações de transporte, gestão de estoque, gerenciamento de suprimentos, processos de remanufatura /reciclagem e embalagem (Dowlatsahi, 2000).

De Brito e Dekker (2002) destacam os atores e processos envolvidos na cadeia reversa. Os atores podem ser diferenciados em termos de suas funções no processo, que inclui a devolução de resíduos, sua coleta, seu recebimento, e seu processamento. Qualquer parte da cadeia pode ser responsável pela devolução, incluindo os consumidores. Os receptores podem ser encontrados em toda a cadeia de suprimentos (fornecedores, fabricantes, atacadistas ou varejistas). Em seguida, há um grupo de atores envolvidos diretamente nas atividades da cadeia reversa, como coletores e processadores (intermediários independentes, companhias de recuperação, fornecedores de serviços de logística reversa, empresas públicas coletoras de resíduos, fundações públicas e privadas).

De maneira resumida, podemos caracterizar quatro processos envolvidos na cadeia reversa: a coleta, o processo combinado de inspeção, seleção e triagem; o reprocessamento e a redistribuição (De Brito & Dekker, 2002).

O caráter estratégico da cadeia reversa reside na agregação de valor a um produto logístico, formado por bens inservíveis ao “produtor”, os quais foram descartados por terem alcançado o final de sua vida útil ou por serem resíduos sólidos industriais. A

manutenção da competitividade de empresas via exploração do instrumental da cadeia reversa ocorre, por exemplo, pela diferenciação do serviço; limpeza do canal de distribuição; proteção de margem de lucro e recuperação de ativos; além dos ganhos de aprendizado que convergem em otimização de processos e inovações do produto (Lambert, Stock & Vantine, 1998; Rogers & Tibben-Lembke, 1999).

Obviamente, as estratégias de fluxo fechado necessitam de uma organização logística bem elaborada, ainda que seja apenas pela obrigação de manter uma relação direta com os clientes e atender à legislação cada vez mais rigorosa. Todavia, as vantagens e oportunidades de negócios são múltiplas.

► 3. Cadeia produtiva de ciclo fechado e novas estratégias de negócios da indústria eletroeletrônica

A gestão dos REEES traz a oportunidade de implementação de novos modelos de negócios que podem representar uma ruptura com formas tradicionais de produção. Umeda, Nonomura e Tomiyama (2000) consideram que esse novo contexto estimula o surgimento de um “Paradigma Pós-Produção em Massa”, no qual a manutenção e ampliação da produção de bens podem ocorrer com a redução significativa no consumo de materiais, energia e na geração de resíduos.⁹ Isso, poderia ser alcançado de duas maneiras:

Uma delas é fechar o ciclo de vida do produto encorajando a manutenção, remanufatura dos produtos, reutilização dos componentes e reciclagem dos materiais. A outra é através da “desmaterialização”, em outras palavras, a venda de produtos-serviços, ao invés da simples venda dos produtos. Isso pode ser feito, por exemplo, através do *leasing* do produto e oferecimento de diversos serviços como atualização, manutenção, suporte de operação e coleta dos produtos descartados (Umeda, Nonomura & Tomiyama, 2000: 149-150, tradução nossa).

A segunda opção consiste, portanto, no Sistema Produto-Serviço (SPS), no qual o produto recircula após o final de seu ciclo de vida, tornando-se assim um veículo que entrega serviços para os clientes, transformando a indústria manufatureira em uma indústria que projeta e gerencia todo o ciclo de vida do produto, o que exige a reconfiguração dos projetos de produtos:

Em outras palavras, é quase impossível sem alterar as estratégias de negócios do tradicional ciclo de vida aberto da produção em massa para o ciclo de vida fechado do desenvolvimento sustentável. O paradigma pós-produção em massa requer uma mu-

9 Outro impacto positivo desse modelo é a maior demanda por mão de obra, que significa a geração de trabalho e renda em organizações como cooperativas de reciclagem.

dança estrutural do projeto, ou seja, enquanto designers tradicionalmente projetam apenas produtos, nós devemos projetar ciclos de vida do produto como um todo [...] (Umeda, Nonomura & Tomiyama, 2000: 150, tradução nossa).

A implementação de cadeias produtivas reversas e os novos modelos de negócio SPS convergem para uma nova concepção de desenvolvimento de produto, que a literatura conceitua como *Design for Environment* (DFE) ou *Ecodesign*.

Os itens seguintes discorrerão sobre essas oportunidades com base em uma revisão da literatura que trata dos conceitos relacionados às novas estratégias desenvolvidas pelas empresas com vistas à adaptação às novas regulações.

3.1. *Design for Environment*

O design, enquanto inovação tecnológica e estratégia mercadológica que agrega valor aos produtos e serviços, pode contribuir para o aumento da competitividade de países, empresas e comunidades. O design dos produtos incorpora as exigências dos consumidores (inclusive a regulação), de maneira a adequar essas exigências às possibilidades técnicas existentes (Rose, 2000). Assim, o *Design for Environment* ou *Ecodesign*¹⁰ nada mais é do que a adequação dos projetos de produtos a condicionantes ambientais. Para Boks (2006), quatro fatores influenciam a implementação do *ecodesign*: i) pressão externa de requisitos legais; ii) influências econômicas internas; iii) percepção e valorização do consumidor; e iv) disponibilidade de novas tecnologias.

Para Venzke (2002), *ecodesign* é uma técnica de projeto de produto em que objetivos tradicionais, tais como desempenho, custo da manufatura e confiabilidade, surgem conjuntamente com objetivos ambientais, tais como redução de riscos ambientais e do uso de recursos naturais, aumento da eficiência energética e maiores possibilidades de reciclagem.

Nos projetos de *ecodesign*, o projetista seleciona e articula soluções de projeto segundo seu impacto nas etapas do ciclo de vida do produto: fabricação, embalagem, uso, troca de peças e disposição final. O *ecodesign* tem uma abordagem transversal e multidisciplinar de projeto que contempla todos os aspectos envolvidos na utilização do produto, inclusive considerando outros produtos e atores necessários para a sua fabricação, transporte e uso. Tingström e Karlsson (2006) salientaram a multidisciplinaridade do *ecodesign*, considerando que o desenvolvimento de um novo produto

10 De acordo com Silva e Heemann (2007) o termo *Ecodesign* foi introduzido em 1971 por Victor Papanek no livro *Design for the Real World*. Desde então diversas variações têm sido propostas, como o *Design for Environment*, *Green Design*, *Design for Sustainability*, *Design for Disassembly* e *Life Cycle Design*. Para Rose (2000) o termo *Ecodesign* é mais usado nos Estados Unidos, sendo o *Design for Environment* mais comum na Europa.

não é um processo linear e repetitivo; é um processo complexo, onde interações inesperadas entre o produto e o meio podem surgir, o que requer o uso de modelos não-lineares para a realização de testes de produtos.

Apesar de ser frequente a visão de que a adoção de estratégias ambientais implica em aumento de custos, o *ecodesign* é uma prática que, na maioria dos casos, promove a redução dos custos, viabilizando melhorias como a redução do uso de materiais e da geração de resíduos, além da diminuição do consumo energético.

O *ecodesign* foca claramente uma etapa inicial da cadeia de valor: o processo de concepção e desenvolvimento de produto. De acordo com Schischke; Hageluken e Steffenhagen (S/D), aproximadamente 80% dos impactos ambientais decorrentes de todo o ciclo de vida de um produto, são determinados durante sua fase de concepção. Dessa forma, os produtos simples e de montagem fácil permitem reduzir não só os custos de montagem, mas também de desmontagem, reparação, reutilização e reciclagem no final de sua vida útil.

Box 1. Exemplo empresarial: Fundação Certi

A Fundação Certi, instituto de tecnologia privado sem fins lucrativos de Santa Catarina, recebeu o Prêmio Finep Inovação 2009 pela produção de um projetor que agrega funções de projeção de imagem, acesso à Internet, leitura de CDs e DVDs, reprodução de som e outras funcionalidades, com conceitos de *ecodesign*. O equipamento esconde uma inovação pouco visível, mas estratégica: a preocupação em reduzir o impacto ambiental desse produto. Dentre as principais modificações estão: a diminuição do número de parafusos; maior uso de encaixes; eliminação de colas e adesivos; identificação do tipo de material utilizado no gabinete e marcação de peças para facilitar sua montagem e desmontagem; utilização de papel reciclado para embalagem e manual do produto; aumento da segurança do produto – proteção de altofalantes; redução e eliminação de peças mecânicas (Fundação Certi, 2009).

3.2. Sistema Produto-Serviço

Pautar a estratégia empresarial somente na oferta de produtos físicos pode não ser mais suficiente para garantir vantagens competitivas em algumas indústrias, especialmente, naquelas relacionadas à manufatura de bens tecnológicos. A concorrência de mercado exige cada vez mais produtos de alta complexidade tecnológica e que, por isso, requerem serviços cada vez mais especializados (Borchardt et al, 2010).

Dialogando com esse cenário, o Sistema Produto-Serviço tem como foco a venda da utilidade e da funcionalidade, e não necessariamente o produto em si. Ou seja, o cliente obtém a utilidade desejada, mas não possui o produto, pagando-o somente durante o tempo de seu usufruto. Na tabela abaixo, seguem algumas características particulares desse modelo:

Tabela 2: Características do Sistema Produto-Serviço

Características	Sistema Produto	Sistema Produto – Serviço
Natureza do negócio	Tangível, material	Intangível, imaterial
Pagamento	Transferência de propriedade	Unidade de desempenho
Produção	Centralizada	<i>In loco</i>
Armazenamento e troca	Possíveis	Não possíveis
Responsabilidade	Transferida ao comprador	Permanece com o fornecedor do serviço
Valor	Centrado no produto físico	Centrado no serviço intangível

Fonte: Adaptado de UNEP, 2002.

Essa associação entre produtos e serviços, porém, não é nova – como exemplo, temos os casos das máquinas de fotocópias, as lavanderias, os *leasings*, entre outros. O que é novo, entretanto, é o eixo da discussão se reconstituir em torno de estratégias para minimização de impactos ambientais, por meio do *ecodesign*:

É necessário ressaltar que o SPS não leva necessariamente a soluções sustentáveis. Ele apenas tem o potencial para fazer isso: em outras palavras, o SPS nos oferece um conceito útil e promissor para nos movermos na direção da sustentabilidade, mas esse potencial deve ser verificado caso a caso (UNEP, 2002: 5, tradução nossa).

O ponto forte do modelo é que, em comparação a forma tradicional de negócio (focado no produto), a empresa pode gerar mais lucro, mantida a mesma demanda e, ao mesmo tempo, há uma economia de custos para o produtor-prestador de serviços. Esse resultado é atingido com a redução de materiais dos produtos e a gestão simplificada dos custos. Essas potenciais reduções devem ser equilibradas contra o possível aumento dos custos de descarte, transporte e reciclagem. Dessa forma, o produtor, por reter responsabilidade pelo produto ao longo do seu ciclo de vida, tem motivação econômica para reutilizar ou refabricar os componentes dos equipamentos dispostos, minimizando os custos de eliminação e fabricação de um novo produto.

O modelo se mostra também vantajoso nas melhorias de sustentabilidade financeira provenientes da consolidação de relações de longo prazo com o consumidor por meio de contratos. Dentro dessa perspectiva, soma-se a criação de valor advinda da experiência diferenciada que pode ser propiciada ao cliente (Pawar et al., 2009 apud Borchardt et al., 2010):

Aspectos intangíveis dos serviços somam-se aos aspectos tangíveis dos bens manufaturados, criando ambiente propício para o surgimento de relações duradouras entre parceiros. (Borchardt et al., 2010: 838)

Por exemplo, o modelo Sistema Produto-Serviço pode melhorar o posicionamento

estratégico da empresa em razão do aumento do valor agregado percebido pelos clientes devido aos custos relacionados a problemas de aquisição, utilização e manutenção dos produtos.

Segundo estudo da UNEP (2002), a adoção da abordagem SPS na empresa requer o desenvolvimento de uma visão geral para a inovação (averiguar o casamento de novos produtos e serviços que acrescentem valor a um determinado ciclo de vida do produto), enraizamento de uma cultura de inovação empresarial capaz de promover novas formas de organização interna, parcerias externas e interação com novos níveis e diferentes partes interessadas.

A mudança na relação oferta e demanda advinda da adoção do modelo pressupõe, portanto, o reconhecimento de novas oportunidades de negócio e o apoio de uma cultura organizacional que abarque a inovação de maneira mais sistêmica.

► 4. Considerações finais

Segundo Reydon et al (2003), as potenciais assimetrias concorrenciais possibilitadas pela internalização da questão ambiental pelo setor produtivo vem ganhando força principalmente em setores mais competitivos, nos quais as empresas têm maior necessidade de se diferenciar de seus concorrentes. Esses setores estão mais preparados para aceitar a regulamentação ambiental como oportunidade de aprendizagem tecnológica e inovação. O setor de eletroeletrônicos apresenta essa característica, além de ser um exemplo de ecossistema complexo, onde as tecnologias impactam diretamente no desempenho de diversos setores da economia.

Sabe-se que o setor é pouco poluidor no que se refere ao processo e tem implementado práticas de gestão ambiental. Entretanto, pouco se sabe sobre a gestão do produto pós-consumo. Além disso, deve-se recordar que o Brasil é o 12º maior mercado de produtos eletroeletrônicos no mundo (Ansanelli, 2008) e há indícios de que um volume elevado de resíduos desse tipo seja descartado anualmente no país.

Dessa forma, ressalta-se a importância da implementação de cadeias produtivas de ciclo fechado, objetivando incluir o produto que não mais satisfaz seu usuário para um ciclo de vida secundário (fluxo da cadeia reversa).

Para o setor de eletroeletrônicos, a abordagem da cadeia produtiva de ciclo fechado, além de reduzir os impactos ambientais gerados pelo descarte desses equipamentos, pode agregar valor por meio da adoção de novas estratégias de negócios. Nesse capítulo, apresentaram-se duas tendências no direcionamento estratégico, consideradas as exigências ambientais no setor em questão: o *Ecodesign*, que se baseia na inclusão de novas variáveis no design dos produtos, facilitando sua reciclagem e economia de recursos; a implementação do Sistema Produto-Serviço, que traz ganhos competitivos e implica na construção de novas relações – mais duradouras e de maior confiança – com o cliente.

Dentre as exigências ambientais impostas ao setor de eletroeletrônicos, tratou-se que, frente ao quadro de internacionalização dos mercados, as medidas da Comunidade Européia passaram a motivar a adoção de legislações voltadas aos REEEs em diversos países.

No Brasil, a PNRS, apesar de representar os avanços legislativos no tema, ao estabelecer a responsabilidade compartilhada (diferente da WEEE que adota o princípio de “responsabilidade do produtor”), acaba dificultando a clara definição das atuações dos agentes envolvidos. Além disso, por não se tratar de uma legislação específica para o tratamento dos resíduos eletroeletrônicos, não contempla aspectos importantes como a obrigatoriedade de informações sobre a identificação dos componentes e materiais utilizados nesses equipamentos, o incentivo a concepção e produção de EEE que levem em conta a facilidade de desmontagem e recuperação de seus componentes.

Embora ainda existam algumas lacunas na PNRS, regulações que fornecem tempo suficiente de adequação e que contemplam as diferenças setoriais tendem a gerar rápidas e significativas respostas tecnológicas (Kemp, 2000). Segundo o autor, em alguns casos, somente a expectativa da regulação já incitaria a mudança de comportamento das empresas, embora não isente a necessidade da mesma.

Pela ótica empresarial, o alcance do resultado desejado depende da percepção dos gerentes da adequação às legislações ambientais como oportunidade econômica e competitiva, e não como um custo ou ameaça. Pressupõem-se, portanto, que estes agentes devem avaliar os impactos ambientais da produção de equipamentos eletroeletrônicos, reconheçam o custo de oportunidade dos recursos não utilizados, mostrem-se favoráveis a soluções inovativas e definam novos tipos de relacionamentos com os reguladores.

► REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. *Harmonização internacional de regulações ambientais: Um Estudo da Petroquímica Brasileira*. Campinas, 200. Dissertação (Mestrado em Economia), Programa de Pós-graduação em Economia, Unicamp.
- ANSANELLI, S. L. M. *Os impactos das exigências ambientais européias para equipamentos eletroeletrônicos sobre o Brasil*. Tese (Doutorado em economia), Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2008.
- ANSANELLI, S. *Exigências Ambientais Européias: Novos desafios competitivos para o complexo eletrônico brasileiro*. *Revista Brasileira de Inovação*, Campinas, pp. 129-160, jan./jun/2011.
- BOKS, C. The soft side of EcoDesign. *Journal of Cleaner Production*, v.14, pp. 1346-1356, 2006.
- BORCHARDT, M.; SELLITTO, M.; PEREIRA, G. Sistema Produto-Serviço: referencial teórico e direções para futuras pesquisas. *Revista Produção Online*, v. 10, nº 4, dez.2010.
- CENTRE FOR REMANUFACTURING & REUSE. *Remanufacture of medical imaging devices*. (sem data) Disponível em: <<http://www.wrap.org.uk/downloads/ProdRepMedDev1.fc1d9517.9001.pdf>> Acesso em: 05/08/2011.

- CRAMER, J., ZEGVELD, W. *The future role of technology in environmental management*. Futures, 1991. v. 23, n.º 5, pp.451-68.
- DE BRITO, M. P.; DEKKER, R. *Reverse logistics: a framework*. Econometric Institute. Report EI 2002-38, Erasmus University Rotterdam, The Netherlands, 2002.
- DIRETIVA 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de Janeiro de 2003: Relativa aos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE), in Jornal Oficial da União Européia de 13.2.2003.
- DIRECTIVE 2002/95/EC of the European Parliament and of the council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment. Official Journal of the European Union.
- DIRECTIVE 2011/65/EU of the European Parliament and the council of 8 June 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment. Official Journal of the European Union.
- DOWLATSHAHI, S. *Developing a theory or reverse logistics*. Divisão de Administração da Universidade de Missouri. Kansas, 2000.
- FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. *Inventário de resíduos sólidos industriais e minerais*: ano base 2009. Belo Horizonte: FEAM, 2010.
- FREEMAN, C. The Greening of Technology and Models of Innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 53, n.1, pp. 27-39, 1996.
- FUNDAÇÃO CERTI. *Aplicação do Ecodesign em produtos eletroeletrônicos. 2ª Oficina Ambientronic*. Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, Campinas, 2009.
- KEMP, R.; ARUNDEL, A. *Survey Indicators for Environmental Innovation*. Paper series 8, IDEA, 1998.
- KEMP, R.; *Technology and environmental policy – innovation effects of past policies and suggestions for improvement*. OCDE, Environmental policy and technical change, 2000.
- LAMBERT, D. M.; STOCK, J. R.; VANTINE, J. G. *Administração estratégica da logística*. São Paulo: Vantine, 1998.
- MANZINI, E.; VEZZOLI, C. *O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais*. São Paulo: Edusp, 2002.
- MONT, O. TUKKER, A. *Product Service Systems: reviewing achievements and refining the research agenda*. **Journal of Cleaner Production**. v.14, n.17, 2006, pp. 1451-1454.
- MULDER, P. RESCHKE, C. E KEMP, R. *Evolutionary Theorising on Technological Change and Sustainable Development*. OCFEB Research Memorandum 9912, 'Environmental Policy, Economic Reform and Endogenous Technology', working paper series 2, 1999.
- NELSON, R. R.; WINTER, S. G. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press, 1982.
- PANASONIC CORPORATION. *Panasonic Establishes First Recycling Factory in Chinese Market*. **Global News Exclusive**, 30/05/2011. Disponível: <http://news.panasonic.net/archives/2011/0530_5431.html>. Acesso em: 30/09/2011.
- PAWAR, K.; BELTAGUI, A.; RIEDEL, J. *The PSO triangle: designing product, service and organization to create value*. International Journal of Operations & Production Management, 2009, v. 29, n.º 5, pp. 468-493, 2009.
- POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. *Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Dispo-

- nível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 11/06/2011.
- REYDON, B. P.; CAVINI, R. A.; ESCOBAR, H. E.; FARIA, H. M. (2003) *A Competitividade verde enquanto estratégia empresarial resolve o problema ambiental?* Instituto de Economia, Unicamp, Campinas, SP. Disponível em: www.eco.unicamp.br/projetos/gestao_ambiental/gestaoambiental.html. Acesso em outubro de 2003.
- ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. *Going backwards: reverse logistics trends and practices*. University of Nevada, Reno, 1999.
- ROMEIRO, A. R.; SALLES FILHO, S. *Dinâmica de inovações sob restrição ambiental*. In: ROMEIRO, A. R.; REYDON, B., P.; LEONARDI, M. L. A. (org.) **Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais**. Campinas: Unicamp/IE, 1999.
- ROSE, C.M. *Design for environment: a method for formulating product end-of-life strategies*. Dissertation (Doctorate in Philosophy). Department of Mechanical Engineering at Stanford University, Stanford, 2000. 175 p.
- SAVIOTTI, P.P. *Innovation Systems and Evolutionary Theories*. In: Edquist, C. (ed.) **Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations**, 1997 Pinter, London. pp. 180-199.
- SCHISCHE, K.; HAGELUKEN, M.; STEFFENHAGEN, G. *Introdução às estratégias de Ecodesign: Porquê e Como*. Fraunhofer IZM, Berlim, Alemanha. S/D.
- SILVA, J.S.G.; HEEMANN, A. *Eco-concepção: design, ética e sustentabilidade ambiental*. I ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETOS DO VALE DO ITAJAÍ, 2007.
- TIGRE, P. B.; WANDERLEY, A.; FERRAZ, J. C.; RUSH, H. *Tecnologia e meio ambiente: oportunidades para a indústria*. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1994.
- TINGSTRÖM, J.; KARLSSON, R. *The relationship between environmental analyses and the dialogue process in product development*. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, pp. 1409-1419, 2006.
- UMEDA, Y. NONOMURA, A.; TOMIYAMA, T. Study on life-cycle design for the post mass production paradigm. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 2000, v. 14, nº2, pp.149-161.
- UNEP. *Product Service Systems and Sustainability: Opportunities for Sustainable Solutions*. UNEP, Paris, 2002.
- VENZKE, C. *A situação do ecodesign em empresas Moveleiras da região de Bento Gonçalves – RS: Análise das Posturas e Práticas Ambientais*. Porto Alegre, 2002. Dissertação (Mestrado em Administração), Programa de Pós- graduação em Administração, UFRGS.

CAPÍTULO 9

Gestão da sustentabilidade em ecossistema organizacional: caso ilustrativo na indústria eletrônica

Marco Antonio Silveira

► Introdução

APÓS UM PERÍODO de declínio das atividades industriais no País, notadamente nos anos 1990, vive-se no Brasil um processo de retomada do crescimento industrial que, apesar de apresentar fortes variações, tem sido positivo ao longo dos anos 2000.

Entre os setores considerados prioritários para a retomada do desenvolvimento industrial no País, incluem-se aqueles que compõem a indústria eletrônica, como componentes eletrônicos, informática, telecomunicações e eletrônica de consumo. Esses setores têm um papel crucial no sistema econômico, pois geram um grande número de produtos e estão presentes, mesmo que indiretamente, em diversos outros setores (Oliveira e Silveira, 2009).

Por essas mesmas razões, a indústria eletrônica tem grande importância na malha produtiva do Brasil. O avanço tecnológico é crescentemente irradiado pelos seus vários setores, o que gera um intenso efeito multiplicador sobre o conjunto da economia (ABINEE, 2009). Dominado por grandes empresas multinacionais, essa indústria é composta por setores bastante dinâmicos, produtores de parcela significativa da riqueza mundial e de inovações que se dão de forma constante e acelerada. Isto permite que seja caracterizado como um segmento de alto potencial revolucionário, criador de novos paradigmas tanto em termos de produtos e processos como em termos de novas formas de organização industrial.

► 1. O imperativo ambiental e a indústria eletrônica

Além dos desafios inerentes à atuação em ambientes que mudam rápida e continuamente, o momento atual impõe outros desafios às empresas, resultantes da complexidade e dos altos níveis de competitividade exigidos por mercados cada vez mais globalizados.

Como mencionado em outros capítulos, vêm adquirindo importância crescente a necessidade de as empresas se adequarem aos requisitos ambientais, como a recém-lançada Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que trata da responsabilidade ampliada que o fabricante deve ter pelo seu produto, desde a origem (do “berço”) até o final da sua vida útil (ao “túmulo”).

Pela sua importância econômica e impactos ambientais, a indústria eletrônica vem merecendo uma atenção especial já há alguns anos, sendo que desde 2006 estão em vigor na União Européia restrições para a comercialização de seus produtos, através das diretivas *Waste of Electro-Electronic Equipments* (Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos-WEEE) e *Restriction of Hazard Substances* (Restrição de Substâncias Nocivas-Rohs). Essas diretivas vem sendo adotadas integral ou parcialmente também em diversos outros países, como China, Japão e EUA.

A diretiva WEEE trata da gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, definindo requisitos tanto para minimizar a quantidade desses resíduos como para tratar os resíduos efetivamente gerados. Já a diretiva RoHS responsabiliza formalmente as empresas caso seus produtos possuam substâncias nocivas à saúde (chumbo, mercúrio, cádmio, cromo hexavalente e polibromobifenila e éter de difenil polibromado) em quantidades acima de um limite permitido, considerando-se todas as etapas da cadeia produtiva, desde as matérias-primas utilizadas pelos fornecedores até o uso pelo cliente do produto final.

► 2. Sustentabilidade na indústria eletrônica: um caso ilustrativo

Para fazer frente aos vários desafios que são enfrentados pela indústria eletrônica brasileira, foi formulada a proposta de um projeto denominado AMBIENTRONIC,¹ cujos fundamentos serão apresentados a seguir, visando exemplificar caminhos viáveis para uma ação colaborativa visando à sustentabilidade de ecossistemas organizacionais.

Esta proposta de apoio às empresas eletrônicas foi delineada com base em três princípios: desenvolvimento socioeconômico com equilíbrio ambiental, integração do capital intelectual disponível e desenvolvimento gradual de um ecossistema organizacional favorável.

¹ AMBIENTRONIC é um termo criado em 2002 por membros da “Divisão de Qualificação de Componentes e Produtos Eletrônicos” do CTI/MCTI.

O primeiro princípio diz respeito ao apoio para que as empresas possam se adequar às boas práticas ambientais, sem perder de vista a viabilização dos seus negócios e os demais interesses da sociedade. Trata-se, portanto, de apoiar o desenvolvimento sustentável da indústria, integrando efetivamente à dimensão ambiental às dimensões econômica e social.

O segundo princípio desta proposta é a coordenação dos agentes que atuam no ecossistema-alvo-empresa, instituições de ensino e pesquisa (IEPs), entidades governamentais, instituições de fomento e organizações regulamentadoras – com ênfase na gestão integrada do capital intelectual presente nessas organizações. A experiência do autor com gestão de ecossistemas organizacionais tem mostrado que a integração dos vários agentes envolvidos facilita sobremaneira a superação de desafios complexos, como esses aqui mencionados.²

Dado o porte e a complexidade da indústria eletrônica, a proposta prevê ainda o desenvolvimento gradual de ações, através do transbordamento progressivo de resultados para níveis organizacionais sucessivamente maiores: iniciando com um projeto piloto envolvendo poucas empresas de um setor específico, expandindo para o setor como um todo, até alcançar no médio e longo prazo outros setores da indústria eletrônica.

2.1. Projeto Piloto no Setor de Equipamentos Eletromédicos

Iniciar o enfrentamento de desafios complexos através de um projeto piloto permite que se lide com um menor número de agentes e de variáveis. Isso facilita a validação de metodologias adequadas à realidade do País e replicáveis em outros setores, o desenvolvimento de competências efetivas, bem como a criação das condições sistêmicas que poderão favorecer a sustentabilidade e a inserção internacional das empresas de interesse.

Apesar da forte concentração de mercado nas grandes empresas multinacionais que compõe a indústria eletrônica, existe um grande número de pequenas e médias empresas que atuam nessa indústria, com tecnologias específicas e inovadoras. São exemplos disso as empresas dos setores de *software* (Gouveia, 2004) e de equipamentos eletromédicos (E.E.), que enfrentam de maneira especialmente intensa os desafios aqui comentados, pois são, em sua maioria, empresas de pequeno-médio porte, exportadoras e intensivas em tecnologia.

Devido a essas características, decidiu-se que o projeto piloto seria realizado junto

2 Podem ser citadas duas experiências principais: a) implantação e coordenação geral (de 2002 a 2007) da Rede de Tecnologia e Serviços de Qualificação e Certificação em Tecnologia da Informação (Rede TSQC); b) coordenação de transferência de tecnologia do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos (INCT-NAMITEC).

a empresas fabricantes de E.E., decisão que foi totalmente apoiada pela Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos, Odontológicos, Hospitalares e de Laboratórios (ABIMO), entidade que congrega mais de 80% das empresas desse setor.

Uma vez que o propósito da proposta é contribuir para o desenvolvimento gradual das condições sistêmicas favoráveis à sustentabilidade das empresas da indústria eletrônica, o problema associado foi assim definido: *“Como articular os múltiplos agentes que atuam no ecossistema do setor brasileiro de E.E. visando apoiar o desenvolvimento sustentável de suas empresas através da adequação aos requisitos RoHS/WEEE/PNRS e da promoção da sua competitividade nos mercados nacional e internacional?”*.

Para conhecer com profundidade os desafios atuais vivenciados pelas empresas do setor, ao mesmo tempo em que se desenvolvem as condições sistêmicas favoráveis e as competências necessárias para enfrentamento desses desafios, foi estabelecido como objetivo geral deste projeto piloto: *“Apoiar a adequação das empresas piloto aos requisitos RoHS/WEEE/PNRS contribuindo para a sua competitividade e para a integração do capital intelectual das organizações envolvidas, visando à sustentabilidade do setor brasileiro de E.E.”*

Nas sessões seguintes, são apresentados detalhes sobre este projeto piloto com empresas do setor de E.E., em especial, seus fundamentos teóricos e metodológicos, a sua estruturação e os principais resultados alcançados no período de novembro de 2009 a abril de 2011 (o projeto deverá se estender até julho de 2012).

► 3. Viabilizando a Sustentabilidade Organizacional

O enfoque *triple bottom line* (TBL) para sustentabilidade, ou “tripé da sustentabilidade” (equilíbrio entre as dimensões ambiental, econômica e social), aplicado no âmbito das organizações resgata os princípios subjacentes a uma gestão de excelência, na medida em que introduz a necessidade de pensar a organização de forma holística, equilibrada e responsável. Isso porque a sustentabilidade organizacional pressupõe o equilíbrio no atendimento dos interesses e das necessidades de todos os *stakeholders* da organização: clientes, proprietários, fornecedores, funcionários e a sociedade como um todo.

No primeiro capítulo foi apresentada uma reflexão visando mostrar que o atendimento às necessidades dos cinco grupos de *stakeholders* é uma maneira efetiva de alcançar o desejado estado de equilíbrio entre as três dimensões do tripé da sustentabilidade.

No capítulo mencionado, foi também apresentado o capital intelectual como um poderoso instrumento para viabilizar a sustentabilidade em organizações, onde foram destacados os seguintes aspectos:

- Para que um sistema organizacional seja efetivamente sustentável, não é suficiente a disponibilidade de um conjunto adequado de recursos e de compe-

tências: é necessário também que estes sejam convenientemente integrados e articulados de modo a criar condições para produzir os resultados esperados nas dimensões econômica, social e ambiental.

- Como consequência da dinâmica evolutiva do momento atual, a teoria dos recursos incluiu entre os recursos organizacionais as “*entidades tangíveis e intangíveis que a firma tem à sua disposição e que lhes permitem produzir com mais eficiência ou eficácia*” (Sveiby, 1998); o conjunto de recursos intangíveis é denominado por vários autores como *Capital Intelectual*, entendido como aqueles recursos que não possuem existência física, mas assim mesmo, representam valor para a empresa (Edvisson e Malone, 1998).
- Sveiby identifica três conjuntos de fatores que compõem o capital intelectual: *capital humano*, representando os conhecimentos e as competências dos colaboradores da empresa; *capital estrutural*, envolvendo softwares, sistemas de gestão, marca, patentes e demais ativos organizacionais que possam ser relacionados na categoria de “propriedade intelectual”; *capital de relacionamento*, correspondente à geração de conhecimento resultante das relações com outras organizações, como clientes e fornecedores.

E, ainda, como destacado no primeiro capítulo, existem três principais razões para que uma organização busque vantagens competitivas sustentáveis através de estratégias e operações baseadas no uso competente do capital intelectual: a) minimizar os investimentos necessários, por tratar-se de um ativo econômico; b) aumentar a capacidade de geração de inovações; c) facilitar a integração das demandas dos vários *stakeholders*, uma vez que os processos que envolvem o conhecimento dependem fortemente do fator humano.

► 4. Estratégias baseadas em inovação e regulação ambiental

Nos anos 1960, época em que o pensamento gerencial estava orientado para funções individuais, foi identificada a necessidade de uma forma holística de se pensar as empresas, articulando-se para isso o conceito de estratégia (Montgomery e Porter, 1998). Desde então, a importância do enfoque estratégico vem crescendo em proporção direta ao aumento do nível de competitividade e do ritmo das transformações no ambiente empresarial.

Silveira (2003) cita trabalhos de vários autores (Ansoff, Mintzberg, Ohmae, Porter, entre outros) afirmando que estratégias bem formuladas e adequadamente implantadas constituem-se em fatores fundamentais para o sucesso das organizações. A manutenção ao longo do tempo de resultados superiores está relacionada, segundo Day e Rebshtein (1999), com a capacidade de a organização desenvolver vantagens competitivas sustentáveis. Para tanto, a organização dispõe de três grandes grupos

de estratégias, a saber, liderança por custos, liderança por diferenciação e exploração de nichos de mercado (Porter, 2005).

Estratégias baseadas em diferenciação consideram a inovação um importante instrumento, como vem sendo demonstrado por vários autores desde que Schumpeter trouxe à luz a ideia de inovação como “destruição criadora” (1988). A esse respeito, destaca-se a citação abaixo:

Muito embora vantagens competitivas possam advir do porte da empresa, da sua capacidade de investimentos, entre outros recursos tradicionais, o padrão está aumentando de forma crescente em favor daquelas organizações que podem mobilizar conhecimento, capacidades tecnológicas e experiência para criar novos produtos, processos e serviços (Tidd, Bessant e Pavitt, 1997).

É interessante destacar que a regulação ambiental, ao induzir as empresas a reformularem suas estratégias para geração de produtos, processos e serviços, geram inovações tecnológicas e organizacionais, que trazem benefícios ambientais, econômicos e sociais, criam vantagens competitivas e, conseqüentemente, aumentam a participação da empresa no mercado.

[...] muitas das empresas que se enquadram às exigências da legislação ambiental, desenvolveram inovações tecnológicas através do aproveitamento de oportunidades surgidas quando da revisão dos produtos, processos e métodos de operação tradicionais; tais inovações, por sua vez, resultaram no aumento da competitividade dessas empresas (Reydon et alii, 2007).

O aproveitamento dessas janelas de oportunidade por uma empresa pode ocorrer com o planejamento individual do seu composto (ou “mix”) de marketing. Esse planejamento inclui quatro grupos de variáveis, conhecidos como os “quatro Ps”: produto, preço, praça e promoção. A cada um desses quatro grupos estão associadas várias ferramentas mercadológicas, as quais podem ser utilizadas em função dos propósitos estratégicos de cada organização (Kotler e Armstrong, 1998).

► 5. Organização como rede de processos e gestão integrada de mudanças

Um sistema consiste de várias partes denominadas, genericamente, de *componentes*. Existe um consenso na literatura sobre sistemas de gestão de que os componentes fundamentais de uma organização são os seus processos. Esse enfoque não é novo (vide, por exemplo, Schoderbek et alii, 1980, Kast e Rosenzweig, 1985 e Kirby, 1991) tendo sido explorado em trabalhos mais recentes por vários outros autores, como Gonçalves (2000).

As várias normas de sistemas de gestão (como ISO 9001, ISO 14001, entre outras) lançadas a partir da década passada enfatizam essa forma de se conceber uma organização. Essa visão foi explorada em profundidade por Silveira (1999), mostrando as várias vantagens dessa forma de se visualizar uma organização e propondo métodos associados para diagnosticar, planejar e conduzir mudanças em sistemas organizacionais.

O conceito de processo é multidimensional por integrar fatores tangíveis, como materiais, equipamentos e instalações, e intangíveis, como aqueles associados ao capital intelectual; trata-se, portanto, de um conceito que inclui a dimensão humana e a dimensão tecnológica. Assim, conceber a organização como sendo constituída por uma rede de processos facilita o gerenciamento integrado dos vários fatores de interesse, sejam esses uma única empresa (vide em Silveira, 1999) ou uma rede formada por diversas organizações (vide em Silveira, 2004).

Com base nessa perspectiva multidimensional de processos, foram apresentados em Silveira (2006) os fundamentos de uma metodologia de gerenciamento integrado de mudanças em sistemas organizacionais.

Uma vez que o *estado de um sistema* é determinado pelas propriedades relevantes dos seus *componentes*, o autor propõe modelar a *inovação* como uma *mudança de estado do sistema*, adotando-se como *variáveis de estado* as características associadas à rede de processos existentes, isto é, o conjunto de todos os processos existentes na organização. Nesse enfoque, a gestão de mudanças se baseia na condução de alterações na rede de processos efetivamente implantados (que determina o *estado inicial* da organização), de forma a se obter uma nova rede de processos (que define o seu *estado alvo*) necessária para a consecução de um dado objetivo organizacional.³

Cabe destacar que alterações na rede de processos de uma organização costumam requerer o desenvolvimento de novas competências:

São múltiplos os significados da noção de competência, sendo possível classificá-los em níveis, como por exemplo, competências humanas, relacionadas a indivíduos ou equipes, ou competência organizacional, que inclui a dimensão tangível da empresa e pode ser entendida como a capacidade de uma organização executar um processo de forma a atender as necessidades a ele relacionadas (Silveira, 2006).

► 6. Delineamento da proposta para o Projeto Piloto

Foi mencionado que as empresas fabricantes de E.E. enfrentam, de maneira especialmente forte, os desafios impostos pelos mercados atuais. Visando conhecer melhor essa situação, foram realizadas várias ações entre janeiro e junho de 2010, envolvendo

³ Na seção 6.4 esse enfoque deve ficar mais claro, uma vez que serão detalhados os objetivos organizacionais a serem alcançados neste Projeto e as mudanças relacionadas na rede de processo de cada EP.

estudos de dados disponíveis sobre o setor de E.E., avaliação em profundidade de algumas empresas desse setor e discussões dos resultados preliminares. A seguir é apresentado um resumo de cada uma dessas três etapas e da estruturação do projeto piloto, feita com base nos resultados obtidos.

6.1. Estudos sobre o Setor de E.E.

Inicialmente foi feita uma pesquisa sobre o setor brasileiro de E.E., utilizando dados secundários obtidos de instituições confiáveis e de trabalhos acadêmicos atuais, visando identificar o perfil das empresas que constituem esse setor e, também, fazer um levantamento preliminar das tecnologias e dos principais desafios enfrentados.

Dada a sua importância estratégica para o país, o setor de E.E. vem sendo priorizado e estudado por diversos organismos governamentais, como a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Tendo como base vários trabalhos (IEMI, 2005, ABDI, 2008, Pieroni et alli, entre outros) foram identificadas as seguintes características principais do setor de E.E.: a) é um setor que fabrica produtos de alta confiabilidade e intensivos em tecnologia; b) é um setor exportador (15% do faturamento do setor vem de exportações), sendo formado por 93% de empresas de capital nacional; c) 75% de empresas são de porte pequeno-médio, com faturamento crescente (crescimento de 200% entre 2003 e 2007)

Com esses dados preliminares em mãos, no período de janeiro a março de 2010 foi realizado um estudo exploratório com nove empresas associadas da ABIMO que se voluntariaram a participar. Para coletar as informações de interesse, foi elaborado um questionário semiestruturado contemplando as estratégias de negócio, produtos, processos produtivo, perfil de fornecedores, informações logísticas, perfil de pessoal e práticas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P,D&I).

As nove empresas têm suas plantas localizadas no estado de São Paulo, sendo quatro na capital e cinco em diversas cidades do interior. Os produtos fabricados são bastante diversificados: bisturis cirúrgicos eletrônicos (duas empresas), ventiladores pulmonares (duas empresas), incubadoras, mesas cirúrgicas, equipamentos estéticos, bombas de infusão e inaladores.

Com base nos resultados obtidos foram elaborados propostas de ações a serem implantadas em um conjunto de empresas e no setor de E.E. como um todo. Para validar essas propostas foram promovidos três painéis de discussão envolvendo aproximadamente duzentos profissionais de setenta diferentes instituições empresariais, da academia e governamentais, incluindo cinco ministérios, ABDI, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Agência de Promoção de Exportações (APEX), BNDES, Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

O primeiro painel de discussão foi realizado em março de 2010 na cidade de Campinas (SP), com cento e vinte profissionais, de cinquenta e três diferentes instituições públicas e privadas. A programação incluiu um resumo dos resultados do estudo exploratório, a apresentação das propostas para o projeto, seguida por uma plenária para análise dessas propostas.

O segundo painel foi realizado em maio de 2010 na cidade de Brasília (DF) com quinze profissionais de quatro Ministérios (Ciência e Tecnologia, Desenvolvimento Indústria e Comércio, Meio Ambiente, Planejamento Orçamento e Gestão), e de três instituições governamentais (FINEP, INMETRO e IBICT-Instituto Brasileiro de Informação em C&T).

O terceiro painel foi realizado em junho de 2010 em São Paulo (SP) com cinquenta e dois profissionais do setor produtivo, IEPs, ministérios e outras instituições públicas.

6.2. Planejamento e iniciação do Projeto Piloto

Após terem sido apresentadas e debatidas nos três painéis mencionados, algumas propostas foram replanejadas, entre as quais a de um projeto piloto com apenas três empresas, pois havia nove empresas interessadas em participar. Se por um lado, isso aumentaria muito o esforço da equipe executora, por outro, permitiria a obtenção de resultados mais ricos.

Optou-se, então, por aumentar o número de “Empresas Piloto” (EPs), concentrando-se em apenas um de seus produtos, aqui denominados de “Produto Piloto” (PP). O perfil dessas EPs reflete as características dominantes do setor de E.E. apresentado na seção anterior, sendo que os seus PPs e a sua localização são apresentados no Quadro 1.

Foi criada uma estrutura para organizar as competências necessárias para o desenvolvimento das atividades do projeto, com as seguintes áreas e respectivas responsabilidades:

- Coordenação Executiva: coordenar as várias atividades do projeto, planejando e controlando as diversas ações.
- Adequação à norma ABNT IECQ QC 080.000 e à WEEE-PNRS: implantar os requisitos RoHS-WEEE-PNRS nas EPs.
- Gestão do Ecossistema e das Demandas do Mercado: organizar informações ligadas ao setor de E.E.; articular a participação das várias instituições de interesse para o projeto.
- Centro para Gestão do Conhecimento: coletar e organizar informações; contribuir para sua difusão através de mecanismos presenciais (palestras e cursos), a distância (via WEB) e de documentos em geral (relatórios e trabalhos científicos).
- Avaliação Inicial e Final: avaliar as empresas piloto, visando qualificar e quantificar os impactos gerados.

Quadro 1: Produto-alvo e localização das empresas piloto

Empresa Piloto (EP)	Produto Alvo (PP) no Projeto Piloto	Localização (estado)
A	Bisturi cirúrgico eletrônico	SP – interior
B	Bisturi cirúrgico eletrônico	SP – interior
C	Bomba de Infusão	RS – interior
D	Diagnóstico Oftalmológico	SP – interior
E	Produto fisioterápico	SP – interior
F	Incubadora	SP – interior
G	Mesa cirúrgica	SP – capital
H	Produto fisioterápico	SP – interior
I	Ventilador pulmonar	SP – interior

Fonte: Dados da Pesquisa

O desenvolvimento do projeto é previsto para o período de maio de 2011 a julho de 2012, sendo as principais etapas envolvidas e o seu seqüenciamento apresentados na Figura 1.

No período de maio a junho de 2011 foi feita a avaliação inicial de cada EP utilizando-se a metodologia BenchStar, envolvendo aspectos de gestão (estratégia, financeira, marketing e pessoas), processos produtivos (qualidade, produção e inovação) e relações com a sociedade e o meio ambiente (meio ambiente, saúde e segurança, responsabilidade social).⁴

Ao final do projeto será feita uma nova avaliação, adotando-se a mesma metodologia, visando avaliar os impactos gerados em cada EP.

6.3. Inovação para sustentabilidade das Eps

Muito embora ainda não seja possível quantificar os impactos financeiros nas EPs de sua adequação aos requisitos ambientais de interesse no projeto, estudos e dados preliminares (Mitsue, 2010, Silveira, Gardesani e Bueno, 2010, entre outros) apontam para um provável aumento nos custos dos componentes do produto e dos processos produtivos associados.

Visando equacionar a situação de modo a que a lucratividade associada aos PPs se mantenha pelo menos em valores próximos aos atuais, viabilizando assim o princípio TBL, este projeto piloto se estrutura em torno das seguintes hipóteses:

4 A metodologia Benchstar foi criada pelo Instituto Euvaldo Lodi (IEL) para auxiliar o desenvolvimento de micro, pequenas e médias empresas pertencentes a um grupo com interesses em comum, como as EP's deste projeto. Sendo uma ferramenta de benchmarking, sua finalidade é medir a competitividade avaliando-se o posicionamento de cada empresa em relação ao grupo.

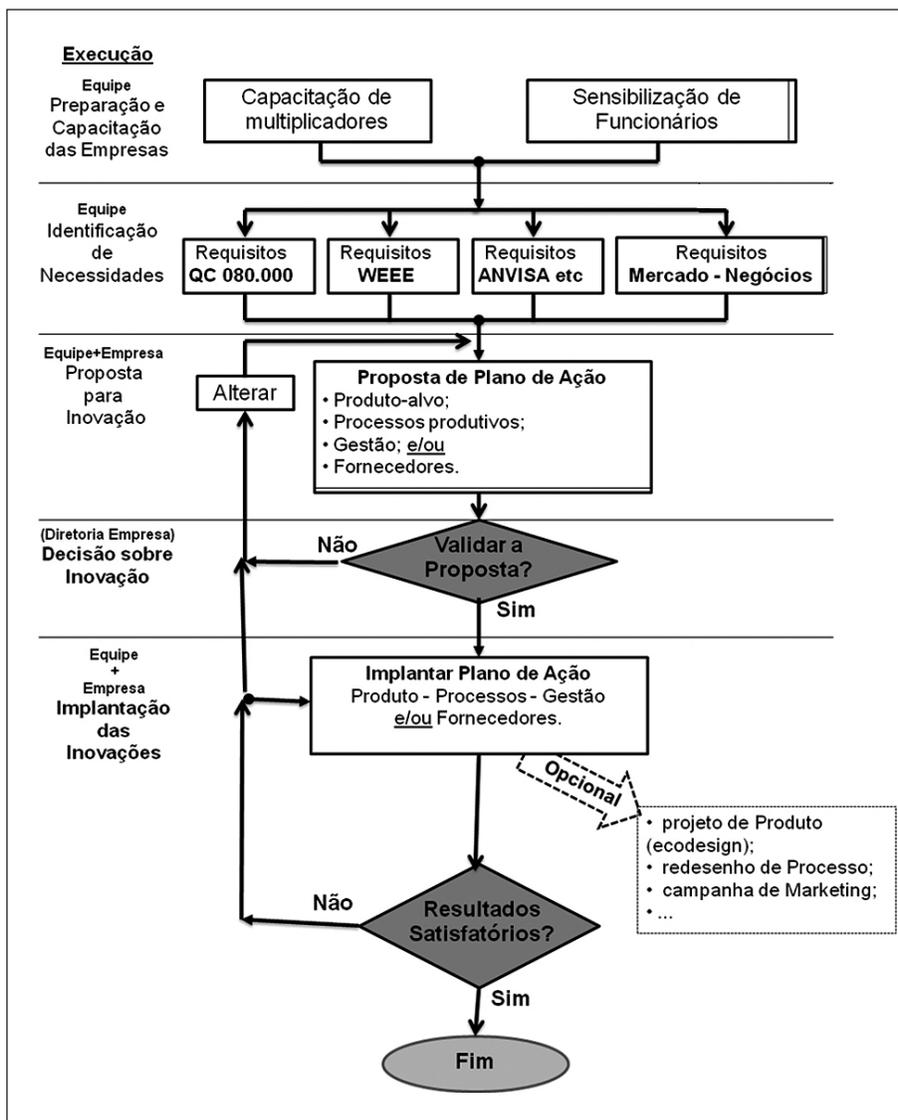


Figura 1: Sequenciamento das principais etapas do projeto piloto

- Assume-se que os custos finais do PP irão sofrer um aumento.
- Considerando esse provável aumento de custos, o lucro total associado ao PP poderá ser mantido das seguintes maneiras:
 - a) mantendo o preço atual do produto, mas aumentando o volume de vendas em um nível que compense a diminuição da margem de lucro unitária (cenário A); e/ou,
 - b. mantendo a margem de lucro unitária mas aumentando o valor agregado ao produto, de modo a que o mercado possa absorver o aumento de preço (cenário B).

O Quadro 2 resume os cenários e as possíveis ações a serem adotadas visando compensar eventuais aumentos no custo final do produto. Destaque-se que cada EP poderá optar por diferentes caminhos, incluindo a adoção total ou parcial de ações previstas nos dois cenários.

Quadro 2: Resumo das Estratégias Possíveis para o Produto-Alvo (PP)

Objetivo	Cenários (não conflitantes entre si)	Ações Possíveis (exemplos)
Manter a lucratividade após a adequação do PP aos requisitos RoHS/WEE/PNRS	Manutenção do Preço do Produto – Diminuição da Margem de Lucro Unitária – Aumento do Volume de Vendas	<ul style="list-style-type: none"> • Dar ênfase nas comunicações sobre a conformidade do PP aos requisitos ambientais. • Explorar mercados de “produtos verdes” para venda do PP.
	Aumento do Preço do Produto – Manutenção da Margem de Lucro Unitária – Manutenção do Volume de Vendas	<ul style="list-style-type: none"> • Implantar inovações no PP que aumentem os benefícios percebidos pelo cliente. • Agregar serviços ao PP que aumentem os benefícios percebidos pelo cliente.

6.4. Gerenciamento das mudanças nas EPs e no ecossistema do Setor de E.E.

Tendo como base o propósito global deste projeto, foram estabelecidos três objetivos organizacionais para as EPs: a) adequar o PP aos requisitos RoHS,WEEE e PNRS; b) manter o nível de competitividade das empresas; c) apoiar a consolidação de uma estratégia de negócios baseada em inovações.

A consecução desses três objetivos requer uma série de mudanças em cada EP. E, como discutido na seção 3.4, o gerenciamento da implantação de mudanças organizacionais pode ser facilitado através da identificação das alterações necessárias na rede de processos da organização-alvo.

As alterações na rede de processos de cada EP irão requerer o desenvolvimento de três processos organizacionais, aqui denominados de processos P₁, P₂ e P₃ como apresentado no Quadro 3 e comentado a seguir.

Quadro 3: Alterações na Rede de Processos para a Consecução dos Objetivos do Projeto

Processo-Alvo a ser Desenvolvido	Principal Objetivo Relacionado
Produzir em conformidade com os requisitos RoHS-WEEE-PNRS (Processo P1)	Garantir que o PP produzido esteja conforme com os requisitos RoHS-WEEE-PNRS
Gerenciar a sustentabilidade da empresa (Processo P2)	Alavancar o nível de competitividade da empresa mantendo as boas práticas ambientais.
Gerenciar a estratégia para inovação contínua na empresa (processo P3)	Manter a sustentabilidade da empresa ao longo do tempo, através de estratégias baseadas em inovação

O planejamento para desenvolvimento do processo P1 teve como uma de suas principais referências o trabalho de Ewald (2011), que apresenta as várias possibilidades existentes para que uma empresa possa declarar a sua conformidade aos requisitos derivados da RoHS, como autodeclaração ou ensaios em lotes individuais. A opção neste projeto foi pela implantação da norma ABNT IECQ QC 080.000⁵ pois, por trata-se da definição de requisitos para o sistema de gestão, a sua implantação favorece a criação de condições sistêmicas para manutenção da sustentabilidade da empresa. Além disso, esses requisitos devem ser aplicados em conjunto com a norma ABNT NBR ISO 9001, largamente adotada pelas empresas do setor de E.E. e de eletroeletrônicos em geral.

Os desafios inerentes à manutenção da condição de sustentabilidade com enfoque TBL (processo P2) requerem um planejamento integrado de ações, tanto internas como mercadológicas. Para facilitar o encaminhamento dessas ações, foram definidos dois subprocessos principais: 1. gerenciamento integrado do composto de marketing, visando viabilizar o negócio associado ao PP quando de sua adequação aos requisitos ambientais; 2. gerenciamento da integração dos vários sistemas de gestão da EP, criando-se mecanismos que permitam o gerenciamento integrado de demandas ambientais e do negócio, condição inerente ao princípio TBL.

O objetivo associado ao processo P3 é proporcionar meios para que a empresa consiga manter a sua competitividade ao longo do tempo, através do desenvolvimento das competências organizacionais que contribuem para o enfrentamento dos desafios inerentes a mercados competitivos e em contínua evolução. Como se trata de um objetivo complementar ao projeto piloto, as mudanças relacionadas não estão sendo priorizadas nesta etapa.

Os dois primeiros processos organizacionais mencionados (P1 e P2) devem ser desdobrados em subprocessos, de modo a tornar operacional a condução das mudanças nas EPs. No Quadro 4 são apresentados os cinco (sub)processos a serem desenvolvidos no projeto piloto e o objetivo associado a cada um deles.

⁵ A intenção da ABNT IECQ QC 080.000 é especificar requisitos para desenvolvimento dos processos de identificação, controle, quantificação e relato de quantidades de SP/"substâncias perigosas" em produtos fabricados ou fornecidos por eles.

Quadro 4: Principais Processos para a Consecução dos Objetivos do Projeto

Principais Processos		Objetivo Associado	
Denominação			
P1	P1.1.	Desenvolver fornecedores capacitados	Desenvolver uma cadeia de fornecedores apta a fornecer os itens em conformidade com os requisitos RoHS, em condições econômicas viáveis para a EP.
	P1.2.	Gerenciar os materiais LSP	Manter a conformidade ao longo do tempo dos materiais utilizados no PP
	P1.3.	Controlar produção LSP	Desenvolver e manter processos de produção e de fornecimento de modo a manter a conformidade ao longo do tempo do PP
P2	P2.1.	Gerenciar o composto de marketing do PP que viabilize a sustentabilidade da empresa	Fornecer o PP conforme com os requisitos RoHS-WEEE-PNRS, mas mantendo o lucro líquido decorrente de sua venda.
	P2.2.	Gerenciar a integração do sistema de gestão da empresa piloto	Implantar um sistema integrado de gestão que proporcione meios para integrar processos e requisitos ambientais às demais demandas regulamentares e do negócio.

Para facilitar a implantação nas EPs de todas essas ações planejadas e a consecução dos objetivos previstos, busca-se também desenvolver os mecanismos necessários para coordenar ações entre as EPs, seus fornecedores e IEPs. Isso é feito visando aumentar o alinhamento entre as atividades produtivas, o desenvolvimento tecnológico e a prestação de serviços tecnológicos, de modo a viabilizar a sustentabilidade do setor de E.E. e de suas empresas.

Para tanto, todas as ações previstas neste projeto, as quais incluem mudanças nas EPs e em suas cadeias de fornecimento, desenvolvimento de competências humanas e tecnológicas nas várias instituições envolvidas, estão organizadas em três grandes eixos de ação:

- Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação: relacionados com produtos, processos e mecanismos para gestão nas instituições envolvidas.
- Capacitação dos colaboradores: para desenvolvimento de competências gerenciais e tecnológicas de interesse para o projeto.
- Prestação de serviços tecnológicos: em especial aqueles relacionados com ensaios para identificação de SP e avaliação do nível de reciclabilidade de produtos.

Como este projeto tem o propósito de contribuir para a sustentabilidade da indústria eletrônica como um todo, estão previstas ações visando ao transbordamento progressivo dos resultados para outros setores e conjuntos de empresas. Para tanto, os resultados obtidos já estarão sendo disseminados ao longo da execução do projeto

piloto através de publicações, cursos e seminários, bem como através de um portal na WEB dotado de diversas funcionalidades como fóruns de discussão, repositórios de melhores práticas, *e-learning* e outros mecanismos que proporcionem interação entre os agentes de interesse.

► 7. Comentários finais

O propósito deste capítulo foi apresentar um caso real aplicado a um setor intensivo em tecnologia e inserido em mercados dinâmicos e competitivos. Procurou-se, com isso, exemplificar a aplicação prática de vários dos conceitos tratados neste livro, tais como, viabilização da sustentabilidade TBL em empresas, operacionalização do enfoque sistêmico em organizações, coordenação integrada do capital intelectual disponível em ecossistemas organizacionais, aplicação do princípio das hélices triplas em ecossistemas complexos, inovação estratégica para sustentabilidade, gestão integrada do composto de marketing visando explorar nichos de mercado sensíveis a produtos “verdes”, entre outros temas.

Este projeto piloto foi concebido tendo como premissa central que, sendo o Brasil um país de economia emergente, faz-se necessário desenvolver mecanismos de apoio às suas empresas, em especial àquelas de pequeno e médio porte intensivas em tecnologia, para que elas possam desenvolver vantagens competitivas sustentáveis que lhes permitam enfrentar os múltiplos desafios existentes nos mercados nacionais e internacionais.

Como as empresas são sistemas organizacionais de alta complexidade em contínua transformação e interação com o seu ambiente externo, esta proposta foi articulada tendo como base dois fundamentos: a) a busca de equilíbrio entre as dimensões ambiental, econômica e social, como preconizado pelo enfoque de sustentabilidade TBL; b) o gerenciamento integrado de questões tecnológicas, mercadológicas, organizacionais e humanas, visando otimizar os resultados obtidos.

O arcabouço desta proposta contém uma complexa e inovadora articulação de um grande número de variáveis multidimensionais relacionadas com os diversos agentes, aspectos e objetivos envolvidos. Isso permite o gerenciamento integrado de fatores humanos e tecnológicos de interesse, tanto em uma empresa específica, como em sistemas organizacionais mais abrangentes, entre os quais, uma dada cadeia produtiva ou, mesmo, um setor econômico específico (como o setor de E.E.).

Para que essa articulação desejada produza os resultados esperados, foi necessário incluir conceitos de gestão aplicáveis a ecossistemas organizacionais complexos, mecanismos para viabilizar a sustentabilidade TBL em empresas. Além de vários conhecimentos e metodologias sobre gestão do capital intelectual, estratégias organizacionais, gestão da inovação, sistemas integrados de gestão, entre outros.

No projeto é dada ênfase ao aproveitamento do capital intelectual como fator de

produção, uma vez que o seu uso competente pode proporcionar os meios necessários para que se consigam as desejadas vantagens competitivas sustentáveis ao longo do tempo nos mercados atuais.

Enfatiza-se também a gestão integrada das várias instituições envolvidas pelo fato de que a competitividade e a sustentabilidade de um dado setor econômico – e, portanto, de cada uma de suas empresas – são propriedades sistêmicas emergentes, isto é, dependem fortemente da forma como os agentes que influenciam o sistema de interesse estão articulados entre si.

A proposta inclui algumas soluções inovadoras, como a viabilização de sustentabilidade TBL nas empresas através do desenvolvimento de estratégias baseadas em diferenciação, as quais são implantadas através da coordenação entre as inovações necessárias em produtos e processos, com a gestão integrada do composto de marketing do produto e a integração dos vários sistemas de gestão da empresa.

Como ainda é pequeno o número de empresas do setor de E.E. adequadas aos requisitos ambientais derivados da RoHS, WEEE e PNRs, busca-se também explorar as janelas de oportunidade derivadas de segmentos de mercado mais sensíveis à questão ambiental, como meio de viabilizar a sustentabilidade das EPs.

No projeto estão incluídos mecanismos para ação em quatro níveis de abrangência organizacional, sucessivamente maiores: EPs, setor de E.E., indústria eletrônica e ecossistema organizacional de todo o complexo eletroeletrônico. Nos níveis organizacionais mais abrangentes, o projeto busca fomentar arranjos organizacionais voltados à inovação, com base no princípio das hélices triplas (governo, academia e empresas). Assim, podem ser criadas sinergias entre as empresas participantes, os seus fornecedores e as IEPs envolvidas, ao mesmo tempo em que se preserva a liberdade para que cada EP tome suas próprias decisões de forma individualizada, em função de suas prioridades estratégicas.

Portanto, a proposta aqui apresentada tem vários aspectos que a fazem original, inclusive pelo fato de ter sido estruturada para alcançar simultaneamente múltiplos objetivos consideravelmente relevantes, entre os quais:

- Buscar a adequação ambiental de setores intensivos em tecnologia, de modo a se ter o seu desenvolvimento sustentável em acordo com o princípio TBL.
- Viabilizar as condições para que empresas brasileiras de pequeno-médio porte possam se adequar aos vários requisitos ambientais mantendo a sua competitividade
- Integração de profissionais de diversas áreas do conhecimento, articulando um conjunto de competências complementares.
- Gerenciar o ecossistema organizacional com foco nas empresas que o compõem, coordenando as diversas instituições baseando-se na concepção de hélices triplas.

Se forem tomados como indicadores o apoio e a repercussão que este projeto vem

tendo junto à ABIMO, às empresas associadas e às demais instituições públicas mencionadas, pode-se afirmar que se trata de um projeto com relevância sócio-econômica, que tem potencial para contribuir com o desenvolvimento sustentável do setor produtivo nacional.

► 8. REFERÊNCIAS

- ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. *Estudo prospectivo: Equipamentos médicos, hospitalares e odontológicos*. Brasília, 2008.
- AKTOUF, O. *A Administração entre a tradição e a renovação*. São Paulo: Atlas, 1996.
- ABINEE – Associação Brasileira da Indústria elétrica e eletrônica. *A indústria elétrica e eletrônica em 2020. Uma estratégia de desenvolvimento*. São Paulo, junho, 2009.
- DAY, G.S.; REBSTEIN, D.J. *A dinâmica da estratégia competitiva*. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- DEJOURS, Christophe. *Entre o desespero e a esperança: como reencantar o trabalho?* In *Revista: CULT*, São Paulo, n. 139, p. 49-53, set. 2009.
- EDVINSSON, L., MALONE, M.S. *Capital intelectual*. São Paulo: Makron, 1998.
- ELKINGTON, J., *Cannibals with forks*. New Society Publische, 1998.
- EWALD, M. *Implantação dos requisitos ABNT IECQ QC 080.000*. Documento interno. Campinas: Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, 2011.
- GONÇALVES, J.E.L. *As empresas são grandes coleções de processos*. *Revista de Administração de Empresas*. São Paulo: FGV, v.40, n.1, Jan./Mar., 6-19, 2000.
- GOUVEIA, F. (2004) *O papel das subsidiárias brasileiras na nova configuração das corporações multinacionais: Um estudo com base na indústria eletrônica*. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- IEMI – Instituto de Estudos e Marketing Industrial. *Estudo setorial da indústria de equipamentos odonto-médico-hospitalar e laboratorial no Brasil*. São Paulo: IEMI/Abimo, 2005.
- KAST, F.E., ROSENZWEIG, J.E. *Organization and management: a systems approach*. Tokyo: McGraw-Hill, 1985.
- KIRBY, K.E. *Organizational change: The systems approach* in Stahl e Bounds (ed.). *Competing globally through customer value: The management of Strategic suprasystems*, Westport: Quorum Books. 1991.
- KOTLER, P; ARMSTRONG, G. *Princípios de marketing*. Rio de Janeiro: Prentice Hall Brasil, 2007.
- MITSUE, H. (2010). *Custos da Logística Reversa de Pós-Consumo: Um estudo de caso dos aparelhos e das baterias de telefonia celular descartados pelos consumidores*. Disponível em www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12136/tde.../MitsueHori.pdf. Acessado em 13 de maio de 2011.
- MONTGOMERY, C. A.; PORTER, M. E. *Estratégia: A busca da vantagem competitiva*. São Paulo: Campus, 1998.
- MORGAN, G. *Imagens da organização*. São Paulo: Atlas, 1996.
- OLIVEIRA, L.H., SILVEIRA, M. A. *Caracterização e análise da cadeia produtiva de PCIs*. In: SIMPOI 2009: “XII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacio-

- nais”, 2009, São Paulo. **Anais do SIMPOI 2009**. São Paulo: Editora da FGV, 2009. v.1. p. 1-15.
- PIERONI, J. P.; REIS, C. e SOUZA, J. O. B. *A indústria de equipamentos e materiais médicos, hospitalares e odontológicos: uma proposta de atuação do BNDES. Complexo Industrial da Saúde*. BNDES Setorial 31: 185-226, Rio de Janeiro, 2010.
- PORTER, M.E. *Estratégia competitiva*. Rio de Janeiro: Campus, 2005.
- REYDON, B.P.; CAVINI, R.A.; ESCOBAR, H.E.H.; FARIA, H.M. *A competitividade verde enquanto estratégia empresarial resolve o problema ambiental*. Documento interno. Campinas: Instituto de Economia – Unicamp, 2007
- RODRIGUES, Angela C. (2007). *Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: Estudo da cadeia pós-consumo no Brasil*. Dissertação (mestrado). Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, UNIMEP, Santa Bárbara D’Oeste.
- SCHODERBEK, C.G.; SCHODERBEK, P.P.; KEFALAS, A.G. *Management systems: conceptual considerations*. Dallas: Business Publications, 1980.
- SCHUMPETER, J.A. *Teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo: Nova Cultural, 1988.
- SILVEIRA, M. A. *Gestão da inovação em sistemas organizacionais* In: **Por que gestão em sistemas e tecnologias de informação?** Campinas: Komedi, 2006.
- . *Gestão estratégica da inovação em organizações: Proposta de um modelo com enfoque sistêmico* In: XXIII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, 2004, Curitiba. **XXIII Simpósio de gestão da Inovação Tecnológica**, 2004. p. 4279-4294
- . *Gestão integrada do capital intelectual: Sustentabilidade do setor de equipamentos eletromédicos do Brasil*. Documento interno. Disponível em [HTTP://www.cti.gov.br/gaia/](http://www.cti.gov.br/gaia/). 2009.
- . *Método para avaliação de estratégia organizacional: Aplicação ao estudo comparativo de estratégias em indústrias* In: ANPAD / Encontro para Estudos de Estratégia, 2003, Curitiba. **Anais do Encontro para Estudos de Estratégia da ANPAD**, 2003. p. 1-16.
- . *Modelo para sistemas da qualidade como base da estratégia competitiva*. Universidade Estadual de Campinas. FEM (Tese Doutorado), 1999.
- SILVEIRA, M. A., GARDESANI, R., BUENO, A.K.S. *Supply and Reverse Supply Chains in the Brazilian Electro-Medical Equipment Industry: A Multiple Case Study for Compliance with WEEE and RoHS Directives*. In: **APMS-2010 International Conference**, 2010, Como - Itália. APMS-2010, 2010.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2007.
- SVEIBY, K.E. *A nova riqueza das organizações*. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. *Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change*. John Wiley & Sons, 1997.



