

## **Sistemas Regionais de Inovação: tecnologias ambientais, experiências internacionais e o desafio de regiões periféricas.**

Thierry Molnar Prates  
thierry\_prates@hotmail.com

UFAL

### **Resumo /Resumen**

Este artigo tem como objetivo demonstrar, através de exemplos internacionais, como os Sistemas Regionais de Inovação, especialmente aqueles relacionados com tecnologias ambientais, podem promover o desenvolvimento em países desenvolvidos com maior facilidade do que em países periféricos. Tais sistemas têm a capacidade de conjugar tecnologias de fronteira e ao mesmo tempo criar emprego e renda, em áreas correlacionadas, tanto para grandes empresas quanto para as de menor porte. Os sistemas analisados: North-Rhine Westphalia, Peterborough, Finlândia e Reino Unido, são especialmente interessantes, pois representam a diversidade de enfoques das políticas públicas e esferas de ação, desde a formação pelo mercado e apoio financeiro governamental, até organização total do estado ou regulação ambiental forte para alcançar os objetivos ambientais ou de mercado. Por outro lado, um sistema regional de inovação em uma área relativamente desenvolvida na periferia, como é o caso do estado do Paraná no Brasil, apresenta muitas possibilidades, mas ao mesmo tempo dificuldades na concessão de recursos governamentais em grandes quantidades, o que em outras regiões avançadas seria um problema pequeno. Os dados dessa pesquisa, para os países avançados são secundários, enquanto para o Paraná foi feita uma extensa pesquisa amostral entre as empresas e instituições governamentais. As experiências internacionais proporcionam exemplos práticos de implantação de sistemas regionais de inovação ambientais relativamente factíveis, no entanto existem barreiras em países periféricos que são difíceis de superar.

Palavras Chaves / Palabras Claves: Sistemas Regionais de Inovação, Tecnologias Ambientais, Periferia.

---

## **1. INTRODUÇÃO**

Uma questão que ganha importância a cada dia é o crescimento econômico, que é uma parte fundamental do processo de desenvolvimento econômico, conciliado à preservação do meio ambiente. As advertências feitas por pesquisadores há quarenta anos, e negligenciadas por muitos países e autoridades, hoje se mostram condições inexoráveis à manutenção do crescimento. A necessidade de preservação e uso racional dos recursos naturais é uma unanimidade.

Por outro lado, o objetivo do desenvolvimento econômico é atingir e tornar sustentável um alto padrão de vida para os cidadãos. Elevar o padrão de vida depende do aumento da produtividade que, por sua vez, é consequência direta do desempenho da inovação. Assim, criar condições para a inovação sistêmica é um fator importante para a promoção do desenvolvimento econômico. O principal objetivo deste artigo é o de agregar à abordagem de sistemas regionais de inovação a análise das tecnologias ambientais, utilizando a experiência internacional como a base para políticas públicas regionais.

## **2. SISTEMAS REGIONAIS DE INOVAÇÃO E AS TECNOLOGIAS AMBIENTAIS**

O sucesso econômico das regiões está associado ao estoque de atributos e à capacidade local de inovação, que são essenciais para a criação de vantagens comparativas dinâmicas locais (Diniz, 2000). Essa afirmação coloca a inovação no centro da estratégia de desenvolvimento de qualquer região. Dosi (1988) define a inovação como uma busca, uma descoberta, uma experimentação, um desenvolvimento, uma imitação e uma adoção de novos produtos, novos processos e novas formas de organização.

A trajetória de inovação das firmas está condicionada não somente à sua história e posição atual, mas também às oportunidades futuras (Kautonen, 2001). Para as firmas, é difícil romper com rotinas estabelecidas, mudar sua lógica de desenvolvimento ou alterar a demanda do mercado ou da sociedade. Dessas características de dependência da trajetória surge a noção de trajetória tecnológica (Nelson e Winter, 1982; Dosi, 1988). Nesse sentido, muitas firmas buscam particularidades em alguma parte da sua história ou da produção para justificar a especialização da pesquisa ambiental, mas sempre levando em conta as áreas em crescimento e as necessidades mais urgentes do mercado de tecnologias ambientais. Algumas regiões aproveitam a acumulação de conhecimento de grandes empresas para direcioná-la para a área ambiental.

As tecnologias ambientais, em geral podem ser separadas entre *End-of-Pipe* – EOP (de remediação) e *Pollution Prevention* – PP (tecnologias limpas) (OECD, 1999). As tecnologias de remediação se referem aos equipamentos que são anexados ao processo de produção para reduzir a poluição causada pela operação. A própria natureza da tecnologia, que tem de ser anexada à produção eleva os custos. Assim, esse tipo de tecnologia não é totalmente eficiente, pois, em muitos casos, simplesmente transfere a poluição de um meio para outro sem evitá-la<sup>1</sup>. Tecnologias limpas, por outro lado, dizem respeito às mudanças nos processos, que geram, em função de sua natureza técnica, menores níveis de poluição e rejeitos. As tecnologias limpas são em termos genéricos superiores as tecnologias de remediação. Enquanto as tecnologias limpas previnem a poluição, as tecnologias de remediação reagem à poluição existente (Skea, 2000).

Nos últimos anos, pôde-se verificar um rápido aumento da demanda ambiental, que foi fruto do recrudescimento da regulação e das cobranças da sociedade consciente por produtos ambientalmente corretos, preservação do meio ambiente e aumento do bem-estar. O setor de tecnologias ambientais é um dos que mais cresce no mundo. A inserção neste mercado, ainda que difícil, pode proporcionar fatias de um amplo e crescente mercado internacional às firmas, e ainda gerar externalidades positivas para os demais setores da região, contribuindo desta maneira para o desenvolvimento econômico.

De acordo com Skea (2000), as tecnologias ambientais estão relacionadas a um grande número de termos que evoluíram para descrever a tecnologia associada à melhoria do desempenho ambiental. As tecnologias que poupam energia e recursos naturais ou reutilizam materiais no processo de produção podem ser consideradas exemplos clássicos de tecnologias ambientais. Todavia, o conhecimento acumulado nas empresas e instituições de pesquisa, gerando capacitação para criação de novos produtos e processos tecnológicos, também se insere neste conjunto de conceitos que abrangem a tecnologia e, por conseguinte, a tecnologia ambiental.

A abordagem teórica dos Sistemas Regionais de Inovação (SRIs), que decorre do arcabouço de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI), tem como principal característica o tratamento inovação de maneira localizada e evolutiva, levando em consideração os aspectos institucionais e sociais em que a inovação surge. Assim, os sistemas de inovação vêm sendo aplicados a regiões e setores (Edquist, 1997). O Quadro 1 mostra as qualidades e dificuldades que classificam uma região a possuir ou não um SRI (Cooke, 2001).

---

<sup>1</sup> Como os filtros de ar nas chaminés das fábricas, o lixo terá de ser colocado em um depósito especial poluindo de outras maneiras.

**Quadro 1: Alto e Baixo Potencial para Sistema Regional de Inovação.**

<b>Perfil 1 - Alto potencial para SRI</b>	<b>Perfil 2 – Baixo potencial para SRI</b>
<i>Nível infra-estrutural</i>	
1. Autonomia dos gastos públicos e taxaço.	1. Descentralização nos gastos.
2. Sistema financeiro regional.	2. Organização financeira nacional.
3. Influência política na infra-estrutura.	3. Influência limitada na infra-estrutura.
4. Estratégia universidade-indústria regional.	4. Projetos de inovação gradativos.
<i>Nível superestrutural da região</i>	
<b>a) Dimensão Institucional</b>	
1. Cultura cooperativa	1. Cultura competitiva
2. Aprendizado interativo	2. Aprendizado individualista
3. Consenso associativo	3. Dissensão institucional
<b>b) Dimensão Organizacional (firmas)</b>	
1. Relações de trabalho harmoniosas	1. Relações de trabalho antagônicas
2. Treinamento dos trabalhadores	2. Técnicas adquiridas pelo trabalhador no passado
b3. Externalização	3. Internalização
4. Inovação interativa	4. P&D sem parceiros
<b>c) Dimensão Organizacional (políticas)</b>	
1. Inclusiva	1. Exclusiva
2. Monitoramento	2. Reação
3. Consultiva	3. Autoritária
4. Redes	4. Hierarquias

Fonte: Cooke (2001).

A compreensão de que a inovação surge como uma resposta ao ambiente e às instituições locais que circundam a firma é o principal motivo para o aparecimento de teorias que priorizam a inovação em determinadas regiões. Um Sistema Regional de Inovação, em seu conceito restrito, segundo Doloreux e Hommen (2003), é caracterizado, por um lado, pela cooperação entre as firmas nas atividades de inovação, e por outro, pela atuação de universidades, institutos de pesquisa, organizações de treinamento e agências de transferência de tecnologia criando e difundindo conhecimento.

A concentração espacial das firmas é um fator que demonstra ser eficiente na organização das firmas e no estímulo à inovação. Este reconhecimento não é recente. Marshall, no início do século passado, dizia que a concentração de empresas (principalmente as pequenas), poderia ajudá-las a crescer. As atividades de inovação e ação conjunta em uma região específica são frequentemente estudadas utilizando-se da abordagem de *clusters*<sup>2</sup>. Este formato de análise ganhou força nos últimos anos na literatura internacional com inumeráveis exemplos de regiões de todo o mundo, que fizeram uso da eficiência coletiva<sup>3</sup> e obtiveram sucesso nas inovações, exportações e mercados (Schmitz, 1999; Saxenian, 1994; Nadvi e Schmitz, 1994; Rabellotti, 1999; Cooke e Morgan, 1998; Knorringa, 1996).

Cabe aqui ressaltar que um Sistema Regional de Inovação especializado em tecnologias ambientais, apesar de possuir características semelhantes aos demais sistemas, contempla algumas particularidades que tem influência somente nesse tipo de tecnologia, como por exemplo, a regulação e a questão social. A adoção dessas tecnologias é guiada por incentivos, em alguma medida, distintos daqueles direcionados para as tecnologias normais, utilizadas nos processos produtivos, cujo objetivo é o aumento da produtividade.

### **3. Os principais Sistemas Regionais de Inovação Ambientais na Atualidade**

Os Sistemas Regionais de Inovação surgem como uma alternativa para se analisar os fatores que impulsionam a inovação local, já que existem motivos que somente podem ser explicados através das características da cultura e das normas regionais. A análise feita neste artigo é uma comparação entre as principais características de Sistemas Regionais de Inovação Ambientais de destaque internacional. Neste sentido, além das suas características particulares e do seu estágio atual, os seguintes critérios pré-estabelecidos foram adotados: atores principais, cooperação, ação do governo, áreas de especialização do sistema e principais resultados. O

---

<sup>2</sup> Termo inicialmente utilizado por Schumpeter, (1960).

<sup>3</sup> A eficiência coletiva (*collective efficiency*) é a vantagem competitiva derivada de economias externas e ação conjunta (Schmitz, 2003).

processo de tomada de decisões e os instrumentos utilizados por cada uma dessas bem-sucedidas regiões se constituem em uma fonte importante de inspiração para qualquer região que deseje promover a formação de um sistema regional de inovação em tecnologias ambientais.

As tecnologias ambientais são desenvolvidas de maneira diferenciada entre os países. Em alguns casos importantes, como nos EUA, é muito difícil uma caracterização a partir dos SRIs devido à centralização das políticas ambientais e de ciência e tecnologia. Por outro lado, em várias partes do globo as ações ligadas às tecnologias ambientais estão rodeadas por uma estrutura técnico-científica, política e financeira local que proporcionam um ambiente favorável à inovação. Este último caso interessa na medida em que podem ser classificados como sistemas regionais de inovação e, portanto, ser mais facilmente comparados a outros sistemas.

Os Sistemas Regionais de Inovação ambientais selecionados foram: North-Rhine – Westphalia (Alemanha), Peterborough (Canadá), Reino Unido e Finlândia, em função de suas características diferenciadas, tais como tamanho, grau de intervenção governamental, tempo existência, cooperação e governança. Outro fator importante se refere à disponibilidade de informações e dados específicos. Outros sistemas, com características semelhantes aos dos SRIs ambientais selecionados, mas com quantidade menor de informações, foram preteridos. Estabeleceram-se assim os seguintes parâmetros gerais para contrastar os SRIs: cooperação; governo; pesquisa; tecnologias; atores importantes; resultados.

### **3.1 North-Rhine Westphalia (Alemanha)<sup>4</sup>**

North-Rhine Westphalia é um dos 16 estados da federação germânica, e está situada no centro da Europa, tendo como fronteiras a Bélgica e a Holanda. É o estado mais populoso da Alemanha, com 22% do total da população e representa a área industrial mais significativa deste país com 27% do produto industrial e 22% das exportações alemãs. O PIB da região em 1992 era equivalente aos PIBs da Coreia do Sul, Hong Kong e Tailândia somados. Os setores industriais líderes são: o químico, plásticos, engenharia mecânica e construção de aço, engenharia elétrica e eletrônica e alimentos. Apesar de esta região absorver um terço das 500 maiores companhias internacionais da Alemanha, a sua força parece residir nas pequenas e médias empresas (PMEs), cuja quantidade é bastante expressiva: mais de 500.000.

Esta região evoluiu economicamente a partir da produção de carvão e aço, no vale do Ruhr, a partir da metade século XIX. A indústria química surgiu após a segunda guerra utilizando os produtos derivados das indústrias de mineração e aço. As tecnologias limpas

---

<sup>4</sup> A análise da região North-Rhine Westphalia está baseada em Rehfeld et al (1998).

emergiram muito tempo depois, na década de 1970, para resolver os graves problemas causados pelas mesmas indústrias.

Este talvez seja o exemplo mais marcante de sistema regional de inovação voltado para as tecnologias ambientais, no qual o problema ambiental foi transformado em mercado. Esse destaque é decorrente do pioneirismo nas iniciativas para controle da poluição nos anos 70. As principais características deste SRI no presente são apresentadas a seguir, de acordo com os parâmetros anteriormente citados:

### *3.1.1 Atores importantes*

Os principais atores que contribuem para o sucesso local são as firmas e governo. As firmas foram motivadas pela regulação e o apoio financeiro do governo na solução de problemas ambientais. Assim, implementaram mudanças radicais dentro da cadeia produtiva demandando soluções limpas, o que provocou um crescimento considerável no número de fornecedores de serviços ambientais na região, retirando a região mais atrasada (o vale do Ruhr) da estagnação econômica.

O governo tem função decisiva no desenvolvimento do sistema e participa ativamente, tanto do lado da regulação como do fomento à inovação, através de investimentos em infraestrutura tecnológica e fomento a projetos. Algumas das principais firmas do país estão localizadas nesta região, o que significa escala suficiente para investimento interno em inovação, além das pequenas e médias empresas especializadas no suprimento de bens e serviços ambientais.

### *3.1.2 Cooperação*

A cooperação nessa região surgiu da inter-relação entre os setores causadores dos problemas ambientais com aqueles que eram capazes de resolvê-los, tendo como pano de fundo o aumento da regulação. As indústrias mais poluentes, como a mineração de carvão, siderúrgica e química, são as líderes na demanda por soluções ambientais e forçaram seus fornecedores – através do poder de mercado que exerciam devido ao seu tamanho e importância – a desenvolver soluções tecnológicas de engenharia mecânica para a redução de poluição, contaminação e rejeitos industriais. Assim, as tecnologias ambientais surgem na região: através de soluções internas aos departamentos de pesquisa da indústria do aço, da fundação de novas empresas especializadas em engenharia e outras formas de busca externa.

Na verdade, a cooperação é comum entre as firmas do aço, energia e mineração, por exemplo. Cerca de metade do investimento alemão em tecnologias ambientais é realizado em

North-Rhine Westphalia. Por outro lado, existe a tradição de cooperação das autoridades locais, especialmente em suprimento de energia e purificação de água, disponibilidade de depósitos de lixo e locais para incineração e experiência no transporte de materiais perigosos como lixo tóxico. Alguns exemplos importantes de cooperação entre as firmas podem ser citados:

3.2 Entre empresas de mineração, aço e energia (Ruhrkohle, RWE, Thyssen, Hoesch), empresas especializadas em gestão de resíduos (Heitkamp, Edelhoff) e produtores afetados (Opel, Bayer) com o objetivo de desenvolver novos conceitos em reciclagem de automóveis.

3.3 Entre Thyssen, RWE e as autoridades locais de Duisburg, organizando o "Entsorgungszentrum Duisburg" para desenvolver novos conceitos em transporte de lixo tóxico.

3.4 Entre indústrias químicas (BASF, Hoeschst, VEBA), um produtor de aço (Klöckner) e um instituto de pesquisa público, para implementar uma instalação de transformação de plásticos usados em derivados de petróleo.

### 3.1.3 Governo

A emergência da indústria de proteção ambiental não pode ser entendida sem considerar a participação do estado, iniciando, dando suporte e organizando a formação dessa nova cadeia produtiva. Mais da metade dos investimentos nessa área foi feito diretamente pelo setor público, principalmente por autoridades locais. Este fato não ocorre por acaso, pois a necessidade de buscar saídas para a decadência da produção tradicional fez com que o governo local optasse pelas tecnologias ambientais como uma das maneiras de elevar a competitividade, alcançando assim um grande sucesso.

O investimento industrial em tecnologias ambientais foi, e ainda é induzido pelo estado através do controle e regulação, sendo que a maior parte da regulação é federal, mas algumas partes são feitas pelo governo local. As atividades do estado que têm como objetivo prover infraestrutura são: a) a organização e suporte de programas de treinamento específico; b) fundação de institutos de pesquisa e institutos de desenvolvimento; c) fundação de centros tecnológicos ou parques industriais para produção de tecnologia ambiental.

### 3.1.4 *Pesquisa e principais tecnologias.*

As empresas na região North-Rhine Westphalia estão fortemente engajadas nos programas de proteção ambiental fomentados pelo governo, no que diz respeito às atividades de pesquisa e desenvolvimento. As áreas mais desenvolvidas são aquelas relacionadas com as engenharias, em especial a mecânica, que se desenvolveu através da busca pela construção de máquinas e sistemas ambientais para diminuição ou prevenção da poluição em indústrias com alto potencial de poluição, como siderurgia e energia. A Indústria de Proteção Ambiental (*Environment Protection Industry*) se estabeleceu com muitas empresas em áreas correlatas como a de construtores de máquinas e sistemas ambientais e empresas especializadas em gestão de resíduos e reciclagem de solo. Uma vasta gama de PMEs está engajada em áreas como: planejamento e propaganda, desenvolvimento de software, sistemas produtivos, aparelhos para medir e controlar componentes especiais e materiais químicos básicos. Outras firmas estão envolvidas em atividades de transporte, biotecnologia e processamento.

Hoje existe nesta região uma estrutura diferenciada de firmas que foram atraídas pelas oportunidades deste mercado e que tornam a região numa das mais competitivas do mundo nessa área.

### 3.1.5 *Resultados*

O reflexo do sucesso da região pode ser visto nas patentes. Em relação ao restante do país, de onze áreas relacionadas às tecnologias ambientais, a região possui especialização produtiva em nove. A média de patentes nessas áreas é muito superior às demais regiões da Alemanha.

Cerca de 90.000 pessoas estavam trabalhando no setor ambiental privado em 1996 (mais que no setor de mineração). Isto prova que a área de tecnologias ambientais pode ser grande geradora de empregos. Além disso, constata-se que a partir do final dos anos 80 um número surpreendente de firmas de consultoria, planejamento e outros serviços, entraram no mercado, dobrando o número de firmas existentes e tornando-o diversificado em relação aos problemas ambientais.

### 3.2 Peterborough (Canadá) <sup>5</sup>

Peterborough é uma pequena região no Sul do estado canadense de Ontário. Ela dista cerca de 100 km de Toronto e 300 km de Ottawa, próximo ao lago Ontário, na divisa com os Estados Unidos.

Esta região surge como um SRI na área de tecnologias ambientais de maneira completamente distinta da anterior. Se em North-Rhine Westphalia o sistema surgiu de maneira natural, através da imposição de leis ambientais sobre a indústria suja, em Peterborough o sistema foi criado "artificialmente", a partir de um estudo prospectivo a respeito das áreas tecnológicas mais promissoras para a região. Peterborough é um exemplo muito mais recente que a região alemã (final da década de 90), e está sendo construído a partir de uma iniciativa do governo local que, percebendo o potencial competitivo da infra-estrutura científico-tecnológica em conjunto com grandes empresas especializadas em tecnologias ambientais, promoveu um grande esforço para ligar as partes do sistema e transformar a região em um centro de referência em tecnologias ambientais especializado, principalmente no tratamento e monitoramento de águas.

#### 3.2.3 Atores importantes

O governo é o articulador desse sistema, mas conta com a participação ativa e com a expertise dos centros de pesquisa, universidades e grandes empresas envolvidas com esse tipo de atividade na região. A Universidade de Trent possui pesquisas de fronteira em água potável, restauração de terras inundadas, gestão de ecossistemas, efeitos do aquecimento global, localização da poluição e soluções. A faculdade Sir Sandford Fleming é líder em educação em recursos naturais e é reconhecido internacionalmente por trabalhos de fronteira em mapeamento geográfico.

Um aspecto importante de ser sublinhado é o fato do Ministério de Recursos Naturais de Ontário estar localizado em Peterborough, que conta também com uma série de estabelecimentos importantes, como: o Centro de Qualidade de água de Trent; o Centro de Ciências de Bacias Hidrográficas de Trent; o Centro de Modelagem Ambiental Canadense; o Centro Forense de DNA da Vida Silvestre; o Centro Ecológico Oliver; e o Centro de Serviços de Rede Geomática (MNR).

O setor privado é representado por empresas especializadas em tecnologias ambientais ligadas ao tratamento de águas, como a Lakerfield Research, que realiza testes de qualidade da água, tanto residual como potável em Ontário, a De Laval, que é líder mundial em centrífugas

---

<sup>5</sup> A análise da região de Peterborough está baseada em: Great Peterborough Area Economic Development Corporation (2001) e OCDE (1999).

usadas na purificação de água, e a Siemens, que instala e mantém grandes sistemas de monitoramento de águas (fluxo e profundidade) por todo o mundo.

#### 3.2.4 *Cooperação*

Partindo do governo, a cooperação se estendeu à universidade de Trent, Sir Sandford Fleming College e o Ministério de Recursos Naturais de Ontário. Essas instituições já estavam envolvidas em pesquisas relacionadas à qualidade da água, tratamento de resíduos e gerenciamento de bacias hidrográficas.

As firmas especializadas, como a Lakefield Research, De Laval e Siemens, são participantes da indústria ambiental e têm uma função central no sistema, agregando conhecimento prático e tecnologia acumulada na experiência de mercado. O governo tenta aproveitar a localização prévia dessas firmas para consolidação da região como um centro de excelência.

Na realidade, a cooperação ocorre através de uma divisão das tarefas entre os atores, já que o sistema entrou em operação há pouco tempo e precisa se firmar no mercado internacional como fornecedor de soluções para o tratamento e monitoramento de águas em diversas frentes. Assim, os parceiros estão envolvidos como mostram alguns exemplos, a saber:

- A empresa Lakefield Research provê testes para 40% dos efluentes e 30% da água potável em Ontário. A maior parte dos empregados trabalhando neste campo foi graduada na Universidade de Trent.
- A Siemens desenha, instala e mantém uma ampla gama de sistemas ao redor do mundo para monitoramento e teste de profundidade e fluxo de águas, e está trabalhando para desenvolver monitores de qualidade. Por estar formalmente ligada a outros parceiros, existe grande possibilidade de aumento da eficiência nessas atividades.
- MNR, Trent e Fleming estão envolvidos em pesquisas de qualidade da água, testes e aplicações, e representam a fronteira do conhecimento em gestão de superfícies de bacias hidrográficas.

#### 3.2.5 *Governo*

Foi a partir de um plano estratégico do governo, elaborado para os anos de 1999 a 2004, que a idéia de estudar o potencial da região como sistema de inovação começou a ser desenvolvida. Descobriu-se então que a região possuía um potencial grande para tecnologias ambientais ligadas à água, indicando que a região poderia se tornar competitiva mundialmente devido à especialização produtiva e na pesquisa. Com o resultado positivo da pesquisa, o governo local iniciou um trabalho de estabelecimento de diretrizes e contratos para envolver os atores no plano estratégico e incentivar a cooperação entre firmas e institutos de pesquisa.

O governo foi fundamental na construção da infra-estrutura de ciência e tecnologia de Peterborough, o que propiciou a atração das maiores empresas do país para a região, trazendo consigo o profundo conhecimento sobre as tecnologias ambientais relacionadas às águas. Os estudos e o estabelecimento de objetivos e metas para consolidar o sistema nos anos seguintes, é uma função importante do governo, para estimular novos investimentos relacionados.

### 3.2.6 *Pesquisa e tecnologias principais*

A principal linha de pesquisa, como assinalado anteriormente, está ligada ao tratamento, monitoramento e análise de águas, com vários centros de pesquisa, universidades e empresas privadas envolvidas. No entanto, outras áreas foram identificadas com potencial comercial de curto e longo prazo, como testes forenses de recursos naturais e tecnologias de solos.

A pesquisa relacionada à água foi escolhida devido ao conhecimento adquirido anteriormente por universidades e centros de pesquisa. A indústria de tecnologias ambientais no Canadá tem crescido muito nos últimos anos. Cerca de 5.500 empresas têm receitas provenientes da venda de tecnologias ambientais, participando com aproximadamente 2,2% do PIB do país. O setor é o terceiro que mais emprega, atrás apenas do setor de papel e polpa e do setor químico, gerando cerca de 220.000 empregos.

### 3.2.7 *Resultados*

Os resultados ainda são modestos, mas a expectativa é grande para o longo prazo. O principal problema para o sistema é a falta de um fórum para apresentação de idéias e trocas de informações entre os parceiros, acesso a capital, desenvolvimento de planos de marketing e negócios, e serviços como busca de patentes e incubadoras de negócios. Estas fragilidades do sistema têm sido discutidas em seminários e workshops.

## 3.3 **Reino Unido<sup>6</sup>.**

O Reino Unido possui um sistema de inovação nacional e não regional. Todavia, as experiências aqui relatadas são vitais para uma melhor compreensão de como os sistemas evoluem, principalmente quando a regulação desempenha um papel central como indutora da inovação ambiental. O Reino Unido, que compreende a Inglaterra, Escócia, País de Gales e Irlanda do Norte, possui uma ampla rede de ação ambiental e diversas especialidades tecnológicas de fronteira.

### 3.3.3 *Atores importantes*

---

<sup>6</sup> A análise do Reino Unido está baseada em: Howes et al. (1997); Franklin et al. (1995); Skea (1998 e 2000) e OECD (1999).

O SRI britânico é muito robusto e integrado, com uma rede de universidades e centros de pesquisa de fronteira em muitas especialidades, o que possibilita a pesquisa em qualquer área que seja necessária. O governo consegue mobilizar o sistema através da regulação e da ação conjunta, utilizando diversos programas de “*best practices*”, em que as melhores tecnologias para solução de cada problema ambiental estão disponíveis para as firmas.

O principal mecanismo governamental para incentivar a pesquisa conjunta entre os atores do sistema atualmente é o programa LINK (ligação), que fomenta e dá suporte às diversas áreas de inovação ambiental. As empresas estão envolvidas nos projetos, recebendo apoio financeiro e técnico para implantação e monitoramento de novas tecnologias. Ao mesmo tempo, as instituições de pesquisa formam parcerias com as firmas para fornecimento e geração de novas tecnologias.

A União Européia tem um papel importante nesse sistema, exercendo pressão sobre as autoridades governamentais, para que estas implantem programas de adequação da indústria aos padrões ambientais do restante da Europa.

#### 3.3.4 *Cooperação*

A cooperação pode ser percebida pelas diversas parcerias estabelecidas entre governo, institutos de pesquisa e firmas, como os programas LINK, um mecanismo do governo que provê suporte para pesquisa conjunta entre indústria e setor privado em tecnologias ambientais. Cada programa abrange um número de projetos que duram em média entre dois e três anos. Outra parceria firmada entre o Departamento de Indústria e Comércio e o Conselho de Pesquisa em Engenharia e Ciências Físicas resultou no projeto de minimização de rejeitos por reciclagem, reutilização e recuperação na indústria.

As grandes empresas participam naturalmente do processo enquanto as PMEs são encorajadas a se envolver. Mais de 1300 empresas, incluindo 700 PMEs e 195 instituições de pesquisa estão envolvidas. Os Programas LINK cobre uma vasta área de tecnologias e produtos genéricos, desde alimentos e biotecnologia até engenharia eletrônica e comunicações. Vários departamentos governamentais suportam financeiramente os programas LINK, e cada programa LINK financia vários projetos.

#### 3.3.5 *Governo*

Assim como na maior parte dos sistemas, o governo desempenha um papel crucial na direção e criação de mecanismos. Um programa fundamental no sistema britânico é o *Environment Technology Best Practice Programme* (ETBPP). Este programa tem como objetivo o uso de tecnologias limpas e minimização de rejeitos, com ações concentradas nos onze setores industriais mais poluentes. Os elementos do programa são quatro: 1) Produção de

guias e estudos de caso de melhores práticas, ou “*best practices*”, que consiste em publicações que disseminam informações, provam novas tecnologias e ainda ensinam as firmas métodos para sua implantação; 2) Produção de guias de desempenho ambiental, que comparam o desempenho ambiental utilizando padrões por toda a indústria; 3) Apresentação de estudos de casos de novas práticas, monitorando e promovendo novas tecnologias e encorajando a sua adoção e aceitação; 4) A promoção de práticas futuras é a parte do programa que provê o suporte financeiro para pesquisa e desenvolvimento de tecnologias ambientais. O programa ainda promove eventos, workshops e uma central de atendimento para aconselhamento sobre tecnologias ambientais, legislação e negócios.

Outro programa similar ao ETBPP é o *Energy Efficiency Best Practice Programme* (EEBPP), com a diferença de que o foco está no aumento da eficiência energética. O programa provê informação a respeito de tecnologias relacionadas ao uso de energia para o uso industrial.

### 3.3.6 *Pesquisa e tecnologias principais*

O sistema de inovação ambiental da Grã-Bretanha é muito diversificado, alcançando a fronteira tecnológica nas principais áreas relacionadas ao meio ambiente. Isso se deve a uma ampla rede de universidades e centros tecnológicos que estão engajados em pesquisa e desenvolvimento ambiental.

As áreas prioritárias para a pesquisa nesse sistema são: a) tecnologias limpas, técnicas, produtos e serviços (processos industriais com menor uso de energia recursos naturais, menor poluição e rejeitos); b) tecnologias ambientais e serviços: biosensores, tratamento de água e rejeitos (monitoramento, reciclagem, análise de custo-benefício); c) Setores com conseqüências ambientais maiores como: energia limpa (carvão, baterias, energia renovável e seqüestro de carbono), transporte (combustíveis celulares, reciclagem, eficiência dos motores), agricultura (utilização total dos produtos – biomassa – para geração de energia e alimentação, qualidade do solo, desenvolvimento de espécies que necessitem menos água e tolerantes a salinidade), e construção (menor utilização de energia, água, esgoto, design e planejamento); Áreas básicas que justificam aplicação ambiental também são contempladas, como: biotecnologia, materiais, tecnologia da informação, bioquímico-eletroquímica, ciência ambiental e dimensão humana da sustentabilidade.

### 3.3.7 *Resultados*

O principal objetivo do sistema de inovação ambiental britânico é desenvolver um ambiente interno de sustentabilidade, criando ao mesmo tempo o conhecimento tecnológico necessário para enfrentar os principais desafios ambientais com autonomia. As mudanças na regulação em 1990, com a introdução do IPC elevaram a competitividade da economia por

encorajar a busca por medidas que reduzissem custos e por estimular a adoção de processos e técnicas alternativas.

Alguns programas internos, como o LINK, incentivam a comercialização das inovações, acesso das indústrias à base tecnológica e expertise, ligação entre a pesquisa acadêmica e sua relevância industrial, treinamento de pesquisa para graduandos e intermediação entre academia e indústria em novos projetos. A difusão tecnológica ocorre de maneira equilibrada regionalmente com custos zero ou bem reduzidos, através dos programas de *best practices*.

### 3.4 Finlândia<sup>7</sup>

Este país nórdico faz fronteira com Rússia, Noruega e Suécia, e está muito próximo dos países recém adicionados à União Européia. Está ao norte da Europa, e é cortada pelo círculo polar ártico. Essas características climáticas adversas juntamente com a regulação mais forte, proporcionaram um salto nos investimentos em soluções de tecnologia energética sustentável.

A proximidade com países do leste europeu, com territórios amplos e dificuldades ambientais, proporciona um mercado favorável às empresas finlandesas, que possuem o conhecimento para suprir as necessidades energéticas desses países de modo sustentável.

O SRI ambiental finlandês é derivado do sistema regional de inovação existente na região especializado em tecnologias da informação e tecnologias de comunicação *wireless*. A região ganhou notoriedade devido à concentração de firmas nesses dois setores, com destaque para a gigante NOKIA que representa, juntamente com as empresas ligadas à sua produção, uma parcela significativa da capacidade de inovação deste sistema.

A tecnologia ambiental é uma diversificação dessas duas áreas na medida em que houve o aproveitamento da expertise existente e da experiência em sustentabilidade adquirida ao longo do tempo para que a Finlândia pudesse se firmar como fornecedor de tecnologias ambientais. Essa reputação é importante para a imagem da região, uma vez que atrai investimentos que resultam em produtos que são identificados como ambientalmente amigáveis e com tecnologia de fronteira.

#### 3.4.3 Atores importantes

Este sistema de inovação possui duas partes importantes que se complementam: as firmas, neste caso as empresas ambientais, e os institutos de pesquisa, universidades e intermediários como a Universidade de Oulu, Oulu Politechnic, NorTech, centros regionais ambientais e institutos de pesquisa setoriais. O objetivo desses atores é ligar ao sistema o desenvolvimento do produto, marketing, negócios e redes internacionais.

---

<sup>7</sup> A análise da Finlândia está baseada em: Prihti et al. (2000); Honkasalo e Alasaarela (2003); e OCDE (1999).

A Agência Nacional de Tecnologia (*TEKES*) é a principal financiadora de projetos para pesquisa e desenvolvimento aplicado e industrial. A agência incentiva o trabalho conjunto entre grandes e pequenas empresas, e forma parcerias entre as firmas e os institutos de pesquisa.

#### 3.4.4 *Cooperação*

A cooperação entre os atores é cada vez mais forte, pois as oportunidades de negócios relacionados às tecnologias ambientais são lucrativas. O sistema está orientado exclusivamente para o mercado. As firmas, ao entrar na região, são orientadas a se localizar num local próximo de outras firmas engajadas na mesma área de pesquisa. Este procedimento aumenta significativamente a possibilidade de cooperação e ação conjunta.

Para alcançar o principal objetivo do sistema, que é a eco-eficiência, a cooperação é fundamental na medida em que a redução na utilização de recursos naturais, energia e riscos ambientais por todo ciclo de vida do produto não podem ser alcançados sem uma forte cooperação entre os participantes da cadeia produtiva.

#### 3.4.5 *Governo*

Na Finlândia o sistema regional ainda está em fase de construção e elaboração. Portanto, é compreensível que o governo tenha grande participação no fomento aos projetos principais. Essa participação cobre em média 80% do total dos projetos.

O programa ambiental é dirigido pelo Ministério do Meio Ambiente, mas alguns aspectos de implementação e financiamento dos projetos estão a cargo dos Ministérios de Indústria e Comércio, Agricultura, Trabalho, Florestas, a Agência Nacional de Tecnologia (*TEKES*) e Academia da Finlândia. O governo tem o papel de promover negócios ambientais, exportações e marketing, criando espaços virtuais para comercialização de produtos ambientais.

Através da *TEKES*, o governo procura estabelecer vínculos entre grandes e pequenas firmas para inovação e ainda procura fornecer as mesmas condições de fomento para empresas nacionais e estrangeiras, a fim de atrair investimento externo direto, fortalecendo assim o sistema nacional de inovação.

#### 3.4.6 *Pesquisa e tecnologias principais*

A Finlândia investe em tecnologias limpas há muito tempo, o que proporcionou a criação de competências em soluções ambientais específicas. As principais frentes de pesquisa em tecnologias ambientais do país são: ciclo de vida dos produtos e fluxo de materiais; eco-eficiência em produtos e processos; infra-estrutura ambientalmente "amigável"; gestão de informação e conhecimento ambiental; promoção de negócios ambientais, exportações e marketing ecológico; políticas de inovação ambiental.

Outra especialidade ligada à produção de energia é a gestão de resíduos e energia em localidades esparsas. Soluções de gestão de resíduos e uso destes como energia têm sido desenvolvidas na Finlândia para atender a necessidade da população que está distante dos centros urbanos e que geram pouca quantidade de resíduos, o que confere ao país, em função de sua localização privilegiada, alguns mercados restritos como a Rússia e o Leste Europeu. Nesses mercados, as tecnologias ligadas à geração de energia renovável são as mais importantes, como a energia eólica e a bioenergia. Outras especialidades são: o controle de poluição, tratamento de água e resíduos e a utilização de recursos naturais e materiais renováveis e recicláveis. Os principais projetos contemplados são ligados à purificação de águas residuais, produtos refinados e bio-óleos ambientalmente corretos e processamento e reutilização de lixo industrial, em particular a sucata eletrônica.

A eco-eficiência direciona a pesquisa como principal objetivo. O estudo do fluxo de materiais no ciclo de vida do produto, a eco-eficiência dos produtos e processos, a infra-estrutura ambiental e a gestão da informação e do conhecimento ambiental são as áreas de concentração da pesquisa na Finlândia, com efeitos para vários setores de atividade.

#### 3.4.7 Resultados

Na Finlândia o setor de tecnologias ambientais espera empregar cerca de 22.000 pessoas em 2006. O investimento em proteção ambiental representa 7% do total do investimento no país. Hoje, o sistema conta com uma extensiva rede de firmas produtoras de tecnologias ambientais que exportam a metade do que produzem.

Este país possui um conhecimento de fronteira em gestão energética e, ao mesmo tempo, é o líder no consumo de bioenergia e as exportações de tecnologias energéticas aumentaram em quatro vezes na última década.

## 4. SRIS EM AMBIENTES PERIFÉRICOS

A comparação entre um sistema qualquer com um sistema ótimo não é possível. No entanto, a caracterização de Cooke (2001) exposta no Quadro 1 é extremamente útil para se entender quão próximo ou distante um sistema está de ser considerado um SRI completo e integrado em tecnologias ambientais. Escolheu-se o exemplo do estado do Paraná, no Brasil, para uma comparação desses requisitos com as condições locais a partir de uma pesquisa de campo abrangente realizada através da aplicação de questionários e entrevistas com uma amostra de empresários de diversos ramos da indústria e agroindústria e membros do sistema regional de

inovação, que descreveram as situações relativas à cooperação, inovação, financiamento, ações conjuntas, e regulação, etc. que caracterizam o funcionamento de um Sistema.

No quesito *infra-estrutura*, o Paraná possui um governo local que não é totalmente independente do governo federal, porém possui elevado grau de autonomia para políticas de gastos e arrecadação, principalmente após a constituição de 1988 que descentralizou poder financeiro e político para os estados da federação. O governo estadual tem exercido essa soberania principalmente para atrair investimentos utilizando a guerra fiscal, entre outros artifícios.

Da mesma forma, podemos considerar satisfatórias as fontes estaduais de financiamento, assim como a condição para a instalação de infra-estrutura favorável no estado. Até o momento as obras estão concentradas em transportes, educação em todos os níveis e centros tecnológicos especializados. Infelizmente nenhum deles é exclusivamente dedicado às tecnologias ambientais ainda, porém em alguns centros tecnológicos existem projetos importantes relacionados a essas tecnologias.

A *dimensão institucional* é o conjunto de características mais problemático para caracterizar a existência de um sistema regional no estado, pois revela o grau de comprometimento das instituições e organizações, a cultura cooperativa e normas de confiança entre os atores da região (Skea, 2000).

O estímulo à cooperação ainda está em fase inicial e abrangendo muitas tecnologias diferentes. O governo eventualmente intermedia as ações de ciência e tecnologia entre o setor público e privado. Essa tarefa é árdua, pois a cultura de competição e do individualismo é muito forte entre as firmas, que são resistentes à associação para o aprendizado interativo. As instituições têm trabalhado em conjunto em alguns casos específicos, principalmente em *clusters* identificados, no entanto, mesmo nesses casos podemos observar várias organizações, sejam elas: governo, entidades de classe ou universidades, realizando o mesmo trabalho, com as mesmas empresas, contudo com metodologias distintas e desperdiçando tempo e dinheiro. Uma divisão das tarefas decorrente da cooperação seria muito mais eficiente.

Na dimensão *Organizacional – (firmas)*, existem boas condições de relações de trabalho e institutos capazes de fornecer treinamento adequado. As ações relativas às tecnologias ambientais mostram que as grandes empresas investem em inovações e formam parcerias com institutos de pesquisa, universidades, entidades de classe e até outras firmas, enquanto as PMEs preferem ficar no isolamento. Com exceção a algumas daquelas que estão inseridas em *clusters*, que eventualmente cooperam.

Na dimensão *Organizacional – (políticas)*, o Paraná possui vantagens importantes. A política de ciência e tecnologia é inclusiva e está fundamentada na construção de redes de conhecimento entre pesquisadores e institutos de pesquisa. As ações são consultivas em sua maior parte, mas alguns setores estratégicos para o futuro necessitam de investimentos unilaterais para criar estímulos a outras empresas. Por fim, o monitoramento e a reação são divididos entre aquela parcela do setor produtivo que se adianta em resolver seus problemas e aqueles que esperam o resultado negativo para serem notificados.

Percebemos durante a avaliação do SRI ambiental no Paraná que a toda a estrutura necessária à consolidação de um sistema eficiente existe. No entanto, apenas algumas partes estão em funcionamento e outras partes funcionam apenas para uma parcela das firmas.

Um sistema integrado e intencional - comprometido com a inovação ambiental, onde os atores cooperam estimulados pela regulação e outros instrumentos específicos de estímulo governamental para a inovação ambiental - ainda não existe. A regulação e fiscalização das empresas não são capazes de forçar as PMEs a adotar tecnologias amigáveis ao meio ambiente em proporções que fossem capazes de elevar as taxas de investimento ambiental e impulsionar o desenvolvimento.

A solução para a melhora ambiental não é única e instantânea. Os instrumentos de comando e controle, assim como os incentivos são ações imediatas, mas a confiança e cooperação são elementos que se constroem com o tempo.

No Paraná o processo de inovação em tecnologias ambientais não se configura como um sistema integrado, com cooperação, ações conjuntas, competitividade no mercado internacional e, como resultado, os frutos relacionados ao desenvolvimento regional ainda são muito discretos. O panorama não é animador como em NRW, onde o SRI desfruta de posição privilegiada, exporta tecnologias de fronteira e tem um número invejável de patentes na área, nem tão bom quanto em Oulu, com suas exportações e emprego em alta. Todavia, o SRI paranaense possui os ingredientes necessários à organização do SRI ambiental. Todos os atores estão presentes, o que não existe é o reconhecimento de que a especialização em tecnologias ambientais tem impactos importantes no desenvolvimento regional, e de que essa escolha pode proporcionar inserção em um mercado de fronteira tecnológica.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Para informações mais detalhadas sobre os resultados da pesquisa, consultar Prates (2006).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A literatura econômica mostra claramente que as firmas possuem uma maior organização produtiva e de inovação quando estão próximas umas das outras. Todavia, o ambiente externo, através das universidades, institutos de pesquisa, agências de apoio à produção e o ambiente institucional têm um papel importantíssimo na geração de conhecimento e inovação.

As experiências internacionais demonstram que as tecnologias ambientais carregam consigo um poder de conciliação entre a fronteira do conhecimento e a possibilidade de geração de resultados significativos no que tange ao desenvolvimento econômico. Diversas regiões, principalmente aquelas que estão em países desenvolvidos, já despertaram para essa realidade e estão se mobilizando para assegurar um espaço nesse crescente mercado.

Regiões e países que queiram entrar nesse mercado, seguindo a experiência internacional, precisam: aumentar a regulação ambiental e ao mesmo tempo dar incentivos econômicos aos agentes e contar com o governo para: investimentos em infra-estrutura (centros tecnológicos especializados), fomento, governança e organização da cadeia produtiva.

## 6. REFERENCIAS

Cooke, P. (2001) *Regional Innovation Systems: Clusters, and the Knowledge Economy*. In Dosi, G. Malerba, F. Industrial and Corporate Change. University of Sussex. SPRU. United Kingdom.

Cooke, P., and K. Morgan, (1998), *The Associational Economy: Firms, Regions and Innovation*, Oxford, Oxford University Press.

Diniz, C. C. (2000), *Global-Local: interdependências e desigualdade ou notas para uma política tecnológica regionalizada no Brasil*, artigo apresentado no seminário do BNDES, Rio de Janeiro: BNDES.

Doloreux, D. And Hommen, D. (2003) *Is the Regional Innovation System Concept at the End of Its Life Cycle?* Paper presented for the conference Innovation in Europe: Dynamics, Institutions and Values. Roskilde University, Denmark.

Dosi, G. (1988) *The Nature of Innovation Process*. In Dosi, G.; Nelson, R.; Freeman, C.; Silverberg, G. And Soete, L. (Eds.) *Technical Change and Economic Theory*. London, Pinter.

Edquist, C., (1997), *Systems of Innovation – Technologies, Institutions and Organizations*, London, Pinter.

Franklin, D.; Hawke, N. E Lowe, M. (1995) *Pollution in the U.K.* Sweet & Maxwell. London.

Great Peterborough Area Economic Development Corporation (2001) *The Development of Environmental Industry Cluster in Peterborough, Ontario*. Peterborough Pilot Project. Ontario Competitive City Regions Group.

Honkasalo, A. E Alasaarela, E. (2003) *On the Cluster Approach to Environment Research and Development*. Ministry of the Environment. Helsinki.

- Howes, R. Skea, J. e Whelan, B. (1997). *Clean and Competitive? Motivating Environmental Performance in Industry*. Earthscan, London, UK.
- Kautonen, M. (2001) "El sistema de innovación regional desde la perspectiva de las trayectorias tecnológicas". In: Olazaran, M. y Uranga, M. G. "Sistemas Regionales de Innovación". Universidad Del Pays Vasco.
- Knorringa, P. (1996) *Economics of Collaboration: Indian Shoemakers between Market and hierarchy*. Sage, New Dehli and London.
- Nadvi K. e Schmitz H. (1994) *Industrial Clusters in Less Developed Countries: review of experiences and research agenda*. Discussion Paper, n.339, Institute of Development Studies, University of Sussex, Brighton.
- Nelson, R. R. And Winter, S. G. (1982), *Evolutionary Theory of Economic Change*, Massachusetts. Harvard University Press.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) (1999) *Technology and Environment: Towards Policy Integration*. DSTI/STP. Paris: OCDE.
- Prates, T. M. (2006) *Sistemas Regionais de Inovação em Tecnologias Ambientais: um estudo de caso sobre o Paraná*. Tese de Doutorado. UFPR.
- Prihti, A.; Georghiou, L. Helander, E.; Juusela, J.; Meyer-Krahmer, F.; Roslin, B.; Santamaki-Vuori, T.; Grohn, M. (2000) *Assessment of the additional appropriation for research*. Sitra Report Series 2. Helsinki.
- Rabellotti, R. (1999), *Recovery of a Mexican Cluster: devaluation bonanza or collective efficiency?* World Development 27 (9), pp. 1571-86.
- Rehfeld, D.; Nordhause-Janzen, J.; Hilbert, J; e Heinze, R. (1998) *Industrial Clusters and the Governance of Change*. In: Braczik, H.-J., Cooke, P. and Heidereich, M. (eds.) (1998) *Regional Innovation Systems: the role of governances in a globalized world*. UCL Press: London.
- Saxenian, A. (1994) *Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Schmitz, H. (1999), *Global competition and local co-operation: success and failure in the Sinos Valley, Brazil*, World Development, 27 (9), pp.1627-1650.
- Schmitz, H. (2003), *Clusters and Chains: how inter-firm organisation influences industrial upgrading*. In: Cassiolato, J. E. & Lastres, H. M. M. & Maciel, M. L. (eds.) (2003a), *Systems of innovation and Development: evidence from Brazil*, Cheltenham, UK: Edward Elgar, pp. 273-290.
- Schumpeter, J. A. *Teoria do desenvolvimento econômico*. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1960.
- Skea, J. e Smith, A. (1998) *Integrating Pollution Control*. In: Lowe, P. e Ward, S. *British Environmental Policy and Europe: politics and policy in transition*, Rutledge, London
- Skea, J. (2000). *Environmental Technology*. In: Folmer, H. and Gabel, H. L. *Principles of Environmental and Resource Economics: a guide for students and decision-makers*. 2<sup>nd</sup> ed. Edward Elgar, Cheltenham, UK.