

Inovação Tecnológica Verde e Amarela

Luciana Pereira (Depto. de Engenharia de Produção da Escola Politécnica - USP)

luciana.pereira@poli.usp.br

Guilherme Ary Plonski (Depto. de Engenharia de Produção da Escola Politécnica - USP)

plonski@ipt.br

Resumo

O objetivo deste artigo é analisar a relação entre o sistema de inovação e produção e o desenvolvimento de produtos tecnologicamente inovadores. A geração e a exploração de novas tecnologias, processos e produtos, ou seja, a inovação, é reconhecida como um importante vetor do desenvolvimento econômico de longo prazo. Portanto, este trabalho argumenta que é preciso fortalecer o sistema nacional de inovação brasileiro, ou seja, incentivar as interações entre as organizações e as instituições responsáveis pela busca e exploração da inovação. Para ilustrar este argumento, apresentar-se-á o desenvolvimento do setor optoeletrônico e o caso de uma empresa que vem conquistando mercado através do desenvolvimento de produtos inovadores.

Palavras chave: Inovação tecnológica, Desenvolvimento econômico, Desenvolvimento de produtos, Optoeletrônica.

1. Introdução

O objetivo deste artigo é analisar a relação entre o sistema de inovação e produção e o desenvolvimento de produtos tecnologicamente inovadores. A geração e exploração de novas tecnologias, processos e produtos, ou seja, a inovação, é reconhecida como um dos principais mecanismos do desenvolvimento econômico de longo prazo. Apesar desta constatação, o que se observa nos países em desenvolvimento, e no Brasil em particular, é um foco ainda voltado para questões macroeconômicas, tais como políticas de estabilização inflacionária, liberalização comercial, privatizações, entre outros. As medidas de desempenho econômico ficam restritas ao crescimento do PIB, à produtividade e ao saldo da balança comercial. Muito embora manter estas variáveis em situação de equilíbrio seja essencial, ainda assim não se trata de uma condição suficiente para que o país prospere na chamada economia do conhecimento.

Pesquisas realizadas nas últimas duas décadas constataram que os países que conseguiram criar uma base interna de conhecimento e aplicá-la ao sistema produtivo vêm obtendo índices satisfatórios em termos de crescimento econômico e produtividade. A explicação para o sucesso destes países é encontrada no conceito de sistema nacional de inovação, cujo princípio estabelece que o desenvolvimento econômico está associado ao aprendizado, que por sua vez ocorre a partir das inter-relações entre firmas, universidades, centros de pesquisa e governo, que culmina com a comercialização de produtos tecnologicamente inovadores.

A estrutura analítica deste artigo é feita a partir do conceito de sistemas de inovação, desde a sua vertente nacional, passando pela regional, setorial e tecnológica, em conjunto com o conceito de gerenciamento de desenvolvimento de produtos em ambientes turbulentos. A abordagem dos sistemas de inovação procura traçar os relacionamentos e a cooperação como elementos-chave dos processos de inovação e produção. Portanto, o sistema se completa quando a empresa consegue cumprir o ciclo de desenvolvimento do produto, com o lançamento no mercado. O artigo procura relacionar as variáveis contidas nos conceitos de inovação tanto extra como intra-firma para explicar como é possível criar condições para as empresas brasileiras desenvolverem produtos tecnológicos.

Neste trabalho, a inovação tecnológica nas firmas é apresentada como o resultado das suas interações com o ambiente. Desta forma, argumenta-se que o acesso ao conhecimento científico e tecnológico e a flexibilidade organizacional das empresas são fatores importantes para incentivar a evolução dos processos inovadores. Ou seja, deve-se enfatizar a difusão e a recombinação do conhecimento e encontrar formas de viabilizar oportunidades de exploração comercial de nichos tecnológicos. Para tanto, o fluxo do conhecimento através de serviços tecnológicos e o relacionamento produtor-usuário em ambientes competitivos possuem uma função tão importante quanto a geração de conhecimento através dos mecanismos formais de pesquisa e desenvolvimento (P&D interna). Para ilustrar esta discussão, apresentar-se-á o setor optoeletrônico e far-se-á uma análise de uma empresa, cuja cooperação com o sistema local resultaram no desenvolvimento e na produção de produtos tecnologicamente inovadores.

O artigo foi dividido em três partes, além desta seção introdutória. A primeira delas é composta pela discussão teórica que forma a principal estrutura dos argumentos defendidos. Na segunda parte, discute-se os aspectos metodológicos. Finalmente, a terceira parte faz a localização da dinâmica da tecnologia óptica e analisa o processo de desenvolvimento de produtos na empresa.

2. Sob a perspectiva do Sistema de Inovação

Nas diversas fases da história da industrialização brasileira, dois agentes estiveram presentes. O primeiro é o Estado, agente indutor e intermediador do processo e o segundo agente é a empresa transnacional. Pode-se alegar que esta tradição, embora nos livrasse da vocação permanentemente agrícola, por outro lado, fez-nos participar apenas de parte dos diversos processos presentes numa indústria. Como consequência, a atividade de inovação no Brasil ficou muito dependente da atração de investimentos direto estrangeiros, enquanto este se tornou um dos principais mecanismos de acesso à tecnologia industrial, desde o período da substituição das importações (COSTA, 2002).

Conforme apontado por Bell e Pavitt (1993), ao instalar plantas no país com tecnologia e todo o aparato importado, o país deixou de adquirir o aprendizado e a experiência oriundos do esforço da construção da competência tecnológica.. Provavelmente, tal fato explique o porquê da inovação tecnológica, uma atividade considerada fundamental, fazer parte da estratégia de um número tão reduzido de empresas. Um estudo recente realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) apontou que, das 72 mil empresas industriais do país, apenas 1,7% investe significativamente em P&D (SILVA, 2004). Estes dados são condizentes com o survey realizado pela Fundação SEADE para as empresas localizadas no Estado de São Paulo, cujo resultado demonstrou que as firmas paulistas fazem inovações do tipo incremental, cujas fontes principais são clientes, concorrentes e outros departamentos que não o de P&D. As empresas transnacionais, por outro lado, fazem mais inovações tecnológicas, porém estas são adaptações ou “tropicalizações” de projetos desenvolvidos nas matrizes (QUADROS, 2002).

Não é sem razão que a questão da pesquisa e desenvolvimento na indústria brasileira é um dos temas mais debatidos no momento. A pergunta que se coloca é como o Brasil pode vencer o hiato tecnológico que o separa dos países mais industrializados ou mesmo conseguir atingir patamares de inovação como os já alcançados pela Coreia do Sul, Cingapura, Hong Kong, Taiwan e, mais recentemente, China? Embora o conceito de inovação não se restrinja à tecnologia, este trabalho enfatiza este aspecto, pois o aprendizado tecnológico é mais complexo e mais demorado de se adquirir.

Uma possível resposta para esta questão e que vem a ser o principal argumento deste artigo, é que o Brasil precisa se valer do sistema que trata das interações entre as organizações e as instituições responsáveis pela busca e exploração da inovação. A literatura descreve o sistema de inovação como aquele formado por elementos e relações que interagem na produção, difusão e uso de novo e economicamente viável conhecimento. O sistema de inovação inclui

organizações e instituições (departamentos de P&D, universidades e institutos de pesquisa) encarregadas pela busca e exploração de inovações em sentido amplo, incluindo partes e aspectos da estrutura econômica e da configuração institucional, que afetam (com intensidade variável) a aprendizagem bem como a busca e a exploração (pelo sistema produtivo) do mercado e do sistema financeiro, sem os quais a inovação não existe (LUNDVALL, 1992).

Alguns autores argumentam que o arcabouço teórico do sistema nacional de inovação não seria apropriado para lidar com o processo de mudança técnica dos países em desenvolvimento porque a inovação científica e tecnológica não é o foco destes países. Contudo, a estrutura conceitual proposta por Viotti (2002), ou Sistema Nacional de Aprendizado, que define aprendizado como o processo de mudança técnica adquirido através da absorção de técnicas existentes (difusão) e inovação incremental, não é muito diferente do que as empresas brasileiras sempre realizaram. Portanto, é inócuo e não responde ao imperativo da inovação.

Uma possível solução para aumentar a inovação nos países em desenvolvimento seria incentivar a criação de empresas capazes de explorar nichos tecnológicos, a partir do conhecimento desenvolvido nas instituições de pesquisas. A justificativa para escolha de nichos, ao invés de setores tradicionais, encontra respaldo nos arquétipos tecnológicos chamados Schumpeter Marco I e Marco II, cuja função é retratar as diferenças na estrutura da inovação entre as empresas. A inovação Schumpeter Marco I é caracterizada pela “criação destrutiva” realizada por firmas novas, liderada por empreendedores e cuja probabilidade de sucesso é maior devido às poucas barreiras à entrada. Por outro lado, na inovação Schumpeter Marco II, as firmas grandes e seus laboratórios de P&D exercem um papel chave e a “acumulação criativa” é o padrão da atividade de inovação (MALERBA, 1997). No entanto, ambos padrões de inovação dependem da especificidade da tecnologia, ou seja, o padrão de inovação tecnológica é setorial e está relacionado ao regime tecnológico vigente. Este, por sua vez, é definido como a combinação de algumas propriedades tecnológicas fundamentais, tais como condições de oportunidade e apropriação, grau de acumulação do conhecimento tecnológico e base de conhecimento. Como consequência, os padrões de inovação, embora sejam distintos entre setores, quase não variam entre os países para um mesmo setor tecnológico. O tipo de regime tecnológico/aprendizado também afeta o padrão específico das atividades inovadoras num determinado setor.

O domínio técnico do conhecimento não é razão suficiente para garantir o sucesso de um empreendimento. Portanto, para ser competitiva, uma empresa precisa ter capacidade gerencial de coordenar competências internas e externas e desenvolver produtos de forma rápida e flexível. Desta forma, separamos o papel da pesquisa, que é o de construir e refinar o entendimento de um fenômeno básico, e será realizado nas instituições, enquanto o desenvolvimento combina os resultados da pesquisa para criar produtos e/ou processos específicos, e é a responsabilidade principal da empresa.

Para criar um produto realmente inovador, a empresa precisa incorporar tecnologias de fronteira no seu desenvolvimento. Além das dificuldades inerentes ao desenvolvimento do produto, há também a questão da comercialização da tecnologia, pois neste caso não só o produto é novo, mas também a tecnologia. Por isso, para Iasinti (1995) o modelo de gerenciamento de desenvolvimento de produtos proposto por Clark e Wheelwright (1993), derivado dos estudos de indústrias tradicionais ou maduras como a automobilística, onde a tecnologia e o comportamento do consumidor podem, de certa forma, ser avaliados, e é composto por processos bem definidos e fases sequenciais, não se aplicaria aos ambientes turbulentos como os quais se deparam as firmas onde há grande incerteza técnica e de mercado.

A inovação tecnológica requer novas estruturas e métodos que já foram demonstrados no ambiente de pesquisa, mas que precisam ser refinados para entrar em produção. Gerenciá-los

é um grande desafio, principalmente para uma empresa pequena, que precisa lidar com todos os tipos de escassez de recursos. Porém, possuir competência nesta atividade é fundamental tanto para assegurar o sucesso como a sobrevivência da firma.

3. Considerações metodológicas

Para examinar a questão levantada pelo artigo, ou seja, como o Brasil pode vencer o hiato tecnológico e atingir patamares de inovação, o método proposto foi o de estudar empresas que estejam criando produtos inovadores a partir da base de conhecimento nacional. Por isso, a primeira variável, que será dependente e delimitadora do trabalho, é a tecnologia, no caso, a óptica. São três as razões que justificam esta escolha. A primeira é o caráter disseminativo da óptica, que está presente em diversas e importantes áreas, como por exemplo os de informação e comunicação, equipamentos médicos, entretenimento e defesa, para citar apenas algumas. O outro motivo é o grau de desenvolvimento científico alcançado pela física brasileira, tanto em pesquisa básica como aplicada, e não apenas nas regiões mais ricas do país, caso da USP e da Unicamp, mas também na UFPe, UFCe, entre outros (MCT, 2002). A abordagem dos sistemas tecnológicos proposto por Carlsson (2002) contempla este aspecto mais específico dos sistemas de inovação, muito embora isto não signifique a exclusão do sistema nacional, nem local, tão pouco setorial de inovação. Finalmente, ao focar na tecnologia não apenas no produto, fica mais fácil selecionar as empresas e verificar e comparar suas inovações. Afinal, cada tecnologia possui trajetórias distintas, tornando o resultado do trabalho mais acurado e menos viesado.

A empresa MM Optics foi selecionada como objeto de estudo deste artigo porque o seu portfolio de produtos utiliza uma das aplicações ópticas mais emergente, a biofotônica. As indústrias de manufatura de equipamentos médicos, de precisão e ópticos são classificadas pela OECD –ISIC Rev 3 como de alta tecnologia. O histórico inovador da MM Optics, que foi fundada em 1998, pode ser retratado pelo número de pedidos de patentes junto ao Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), que contabilizam cinco nos últimos quatro anos.

O primeiro contato com a empresa foi feito por correio eletrônico, no qual foram explicados os objetivos do trabalho e se solicitava uma entrevista. O diretor-geral da empresa, que também é um dos sócios e responsável pela área de P&D, concordou em participar do projeto e conceder as informações. Antes de ir a campo, dados secundários, tais como matérias de jornais e revistas, foram consultados para que houvesse familiaridade com a empresa e os produtos fabricados. A primeira entrevista abordou questões gerais como histórico, parcerias, concorrentes e a inserção internacional. A entrevista final foi voltada para o processo de desenvolvimento de produtos da empresa.

4. Inovação verde e amarela

Para situar as empresas e os produtos optoeletrônicos ou fotônicos, será feita uma breve descrição sobre a origem das tecnologias ópticas. A óptica é a parte da Física que estuda o comportamento e as propriedades da luz e a sua interação com a matéria. A origem das tecnologias ópticas pode ser explicada a partir da existência de dois modelos complementares, a óptica clássica e a óptica moderna. A evolução científica e a incorporação da tecnologia ao dia-à-dia ficam evidentes através dos produtos. As lentes, os prismas, os óculos, binóculos, microscópios, lunetas, câmera fotográfica (não digital) são todos exemplos de produtos ópticos tradicionais, associados à tecnologia originada da óptica clássica. Por outro lado, bens de consumo modernos como o CD, DVD, LCD ou bens de capital como instrumentos de medição e lasers para uso na manufatura, equipamentos cirúrgicos e terapêuticos, equipamentos de telecomunicações, entre outros, são frutos do avanço científico alcançados no século XX, principalmente a partir do entendimento da natureza do fóton.

Os EUA são líderes científicos, tecnológicos e, também, o maior mercado consumidor em produtos optoeletrônicos. O Japão, assim como os seus vizinhos na Ásia (China, Taiwan,

Coréia e Cingapura), é um forte inovador em produtos de bens de consumo (TV, DVD, LCD). A Rússia foi pioneira em pesquisa básica e aplicada, por isso possui a competência tecnológica, mas a exploração comercial é insignificante.

O surgimento da indústria optoeletrônica brasileira segue um padrão similar às daquelas de outros países. É composta por empresas pequenas e médias, concentradas regionalmente em locais onde há instituições de pesquisa. Apesar de estar intimamente ligada ao setor público através das universidades, a sua existência não se deve a uma política industrial induzida, mas sim do aproveitamento espontâneo de um paradigma tecnológico. O mercado global para todos os tipos de lasers cresceu 10% em 2004 em relação a 2003, devido a um aumento em aplicações de consumo, segundo pesquisa realizada anualmente pela *Laser Focus World*. Isto significa que o mercado global para todos os produtos laser tem evoluído para uma taxa anual de crescimento composto da ordem de 18% nos últimos dez anos, e há a perspectiva de atingir 9% em 2005, alcançando a cifra de US\$ 6 bilhões.

A inovação na MM Optics

A MM Optics é um *spin off* da USP de São Carlos e a sua origem foi o resultado de dois acontecimentos paralelos. Um deles foi a compra de tecnologia de microscopia óptica da empresa alemã Carl Zeiss pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e o outro foi a pesquisa de mestrado do engenheiro Fernando M. de M. Ribeiro sobre aplicação do granito sintético em estruturas de microscópio óptico. O MCT transferiu a tecnologia para o Instituto de Física da USP de São Carlos (IFSC), sendo que a função deste era transferir a tecnologia para o setor privado. A MM Optics foi então criada para produzir e comercializar os microscópios, utilizando a inovação do granito sintético. Durante três anos, a MM tentou colocar os microscópios no mercado, mas a competição era muito acirrada num setor dominado por empresas multinacionais, com anos de experiência, e o preço dos similares chineses.

Este episódio da história da empresa serve para ilustrar dois tópicos presentes na literatura. O conhecimento tecnológico não é suficiente para garantir o sucesso de um produto no mercado, mesmo que este seja inovador (Roberts, 1991). A barreira à entrada é grande em mercados cujo o regime tecnológico é estável e dominado por empresas estabelecidas. Além disso, é também um exemplo da interação das forças descritas no sistema de inovação. Em diferentes etapas e funções temos o representante das instituições no nível nacional (MCT, CNPq, Projeto RHAE), local (USP, Fapesp) e o das organizações (MM, fornecedores). encarregadas pela busca e exploração de inovações.

Ao mesmo tempo que enfrentava as dificuldades no mercado de microscópios e devido a sua ligação com o IFSC, a MM foi chamada para resolver um problema dos pesquisadores de aplicação de laser em odontologia (LELO/FOUSP). O custo dos equipamentos importados e a falta de suporte técnico nacional dificultavam a realização das pesquisas. Por isso, a tarefa da MM seria desenvolver o equipamento utilizado nas pesquisas. Foi desta forma que surgiu o primeiro equipamento nacional de laser de baixa potência para aplicação em odontologia, o BDP 660.

Ao passar a fazer parte de um grupo multidisciplinar, a empresa começou a ampliar sua rede de relacionamento. Carlsson *et al* (2002) relatam que esta é uma das formas mais importantes de transferência ou aquisição tecnológica, que pode acontecer tanto por interações mercadológicas ou não. Este tipo de transferência tecnológica, pelo seu caráter acidental ou não intencional, pois não se sabia qual seria o resultado final da pesquisa, é chamado na literatura de *spillover* tecnológico. O ponto fundamental ressaltado pelo autor é que, independente do tipo de transferência tecnológica, é preciso estar ciente da necessidade de investimento de tempo e esforço considerável para o receptor dominá-la. Portanto, é natural que um processo de colaboração de longo prazo se estabeleça, ao invés de um processo

pontual.

Os resultados das pesquisas foram positivas e a utilização do laser como propriedade bioestimuladora foi bem recebida pela comunidade de dentistas em geral, atravessando os muros da academia e criando demanda para o produto desenvolvido pela MM. A história de sucesso do BDP 660 evidencia um outro aspecto do desenvolvimento de produtos tecnológicos, que não é apenas econômico e organizacional. O bem tecnológico promove o desenvolvimento e a inserção social, através da oportunidade daqueles que compram o produto possuem para expandir seu conhecimento para níveis mais avançados e, por sua vez, poder oferecer ao seu cliente a opção por tratamentos mais modernos.

Passados quase sete anos de seu início conturbado, a empresa emprega 34 funcionários e faturou R\$ 5 milhões em 2004. O financiamento da empresa foi feito com capital próprio e com recursos obtidos de projetos como o RHAЕ (CNPq) e o PIPE (Fapesp). A empresa possui uma rede de distribuidores e assistência técnica em todas as regiões do país e realiza exportações esporádicas para o Chile, México e Peru. Para aumentar o rol de países é necessário criar uma rede de distribuição e assistência técnica internacional, para poder oferecer um contato mais próximo com o cliente.

O Desenvolvimento de produtos tecnológicos

Desenvolver produtos tecnológicos é uma atividade complexa e arriscada, mas é esta característica da MM, aliada à competência gerencial, que vem garantindo o seu sucesso. Na análise do fluxograma de desenvolvimento da MM observou-se que o processo está dividido em quatro fases, as quais denominamos de assimilação, incorporação, produção e comercialização.

Assimilação

A fase de assimilação é aquela na qual a empresa realiza o monitoramento, o acesso e a captura de novas tecnologias. O faturamento de uma empresa do tamanho da MM inviabiliza a existência de um departamento de pesquisa, mas sua rede de relacionamentos ameniza esta dificuldade, através de parcerias, que a coloca em contato com as instituições que fazem pesquisa, sendo sua responsabilidade absorvê-la e incorporá-la aos produtos. Neste estágio, a empresa precisa assegurar que os objetivos de P&D almejados estejam alinhados com os demais objetivos de longo prazo da empresa. Em virtude disto, a identificação da idéia e da necessidade tecnológica precisam ser muito bem avaliadas. Esta avaliação é feita a partir da participação de feiras e congressos, quando ela está bem próxima do seu público alvo, assim como de seus concorrentes. A consulta às publicações técnico-científicas internacionais é uma outra fonte importante de acesso às informações.

Vários requisitos (funcionais, técnicos e comerciais) são especificados durante o desenvolvimento conceitual e do estudo experimental do produto. Nesta fase são elaborados alguns *mock ups*, físicos ou simulados, que representem as funções parciais e globais para avaliação da viabilidade técnica.

Incorporação

A segunda fase é a de incorporação e compreende a transferência do conhecimento resultante da pesquisa para o desenvolvimento, quando a tecnologia é refinada para um ponto onde ela pode ser reproduzida, testada e documentada. Esta é a etapa que o projeto do produto é feito. Este, por sua vez, é subdividido em projeto do design, projeto óptico, projeto eletrônico, projeto mecânico e projeto da manufatura. Durante este ciclo são confeccionados alguns produtos-conceito que incorporam todos materiais, adquiridos e produzidos internamente ou nos subcontratados, em conformidade com as especificações estabelecidas nesta fase. Ainda que portem as características resultantes dos estudos de manufatura e de design, a produção experimental não utiliza, necessariamente, os processos finais. Os aspectos de segurança, que

visam garantir o controle dos níveis de potência e das características críticas dos sinais emitidos sob diferentes condições de funcionamento e operação, são itens exaustivamente avaliados.

Além dos testes e ensaios das características técnicas do produto, típicos de produtos optoeletrônicos, segue-se uma longa bateria de ensaios de validação junto aos clientes e usuários. São escolhidos profissionais, hospitais e clínicas com conhecimento das tecnologias e domínio das técnicas de tratamento aplicáveis. Os resultados obtidos nestes ensaios são para validar o produto para uso clínico e indicar os pontos de melhoria ainda necessários. É importante observar que os aspectos de segurança de produto e de eficácia de tratamento são validados durante os testes realizados ainda na fase de incorporação. Durante esta etapa são estabelecidas as principais características ópticas (comprimento de onda, potência e dosimetria) que o produto final deverá possuir. Os requisitos de homologação e de segurança aplicáveis são estabelecidos nas práticas e normas emitidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). O processo de homologação é longo e composto de várias fases. Os requisitos, assim como as recomendações oriundas das análises efetuadas pelas autoridades, influenciam o projeto do produto. Portanto, o processo de homologação é iniciado em paralelo ao processo de desenvolvimento do produto.

Produção

A terceira fase é o da produção, quando é preciso encontrar as formas de desenvolver e refinar as ferramentas de produção. A princípio, a MM produzia a maior parte dos componentes mecânicos, montava os cartões eletrônicos, integrava e testava seus produtos. Com a diversificação do portfolio de produtos e a ampliação de seu mercado, a manufatura passou a ser menos verticalizada, mantendo-se, por seu caráter estratégico, as atividades de manufatura dos componentes ópticos. A MM dribla a escassez de recursos para investir em máquinas aproveitando a habilidade e criatividade de seus engenheiros e técnicos, que adaptam equipamentos tradicionais para efetuar seus processos. Estas inovações incrementais acabam por dificultar a imitação dos produtos. Os componentes plásticos, as montagens de placas eletrônicas e componentes mecânicos específicos, não estratégicos, são executados em empresas subcontratadas. A montagem dos módulos, a integração final dos produtos e os testes são realizados internamente.

Comercialização

Os equipamentos do lote piloto são dirigidos a ensaios e validações por clientes, apresentação interna e demonstrações em congressos, feiras e outros eventos. Essas demonstrações já são parte do processo de divulgação para o lançamento do produto. O lançamento oficial é tratado de forma organizada, integrado à campanha de marketing e divulgação em mídias específicas, entrevistas e eventos com presença dos profissionais da área.

O acompanhamento técnico é uma ação de pós-venda, que visa seguir o desempenho do produto ao longo do seu ciclo de vida. Essa atividade permite levantar pontos positivos e possíveis fragilidades apresentadas pelos produtos, através de verificações realizadas e reportadas pela assistência técnica e pelas avaliações e auditorias efetuadas diretamente pela empresa junto aos clientes e usuários.

O caráter inovador do produto permite à empresa estabelecer um laço com o seu cliente, pois este precisa ser “educado” para utilizar o equipamento. Esta aproximação faz com que a empresa treine o profissional, de forma que este extraia os melhores resultados do produto. A observação do comportamento dos profissionais usuários e o conhecimento do ambiente operacional, durante os treinamentos, está se tornando não apenas uma importante fonte de fidelização do cliente mas, mais importante, um processo de inovação

do tipo usuário-produtor a partir do aprendizado que ocorre pela interação entre os agentes.

5. Conclusão

Embora a possibilidade de fazer generalizações em casos únicos seja praticamente nula, ainda assim este caso oferece elementos que corroboram pontos importantes encontrados na literatura e desmistificam outros. A MM Optics originou-se a partir da base de conhecimento nacional, que foi transferida ao sistema produtivo e que vem gerando produtos inovadores tecnologicamente. Portanto, uma conclusão preliminar é que incentivar estas interações pode ser uma forma eficiente de aumentar a participação do Brasil na produção de produtos tecnológicos. Além disto, começa-se a desenvolver a cultura e a experiência oriundas do aprendizado tecnológico.

Algumas sugestões para trabalhos futuros são a análise de outras empresas com características semelhantes e um estudo mais aprofundado do processo organizacional de desenvolvimento de produtos, levantando as principais dificuldades encontradas pelas empresas e propondo modelos para resolvê-los, já que a literatura clássica contempla o universo das empresas grandes e em setores tradicionais. Espera-se que o resultado deste trabalho contribua para o debate dos sistemas de inovação em países em desenvolvimento.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi financiada com bolsa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Os autores agradecem Fernando de M. M. Ribeiro e Luiz A. de Oliveira da MM Optics Ltda e Vanderlei S. Bagnato e Luis G. Marcassa do Centro de Pesquisa em Óptica e Fotônica (CePOF) de São Carlos.

Referências

- BELL, M. & PAVITT, K. (1993) - Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries. *Industrial and Corporate Change* vol. 2, n.1, pp. 157-210.
- CARLSSON, B.; JACOBSSON, S.; HOLMÉN, M.; RICKNE, A. (2002) - Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy* vol.31, n.2, pp.233-245.
- CLARK, K. B & WHEELWRIGHT, S. C.(1993) - Managing New Product and Process Development: Text and Cases, Free Press. New York.
- COSTA, I.&QUEIROZ, S.R.R. (2002) - Foreign direct investment and technological capabilities in Brazilian industry. *Research Policy*. vol.31, n.8-9, pp.1431-1443.
- IASINTI, M. (1995) – Shooting the rapids: managing product development in turbulent environments. *California Management Review*.vol.38, n.1, pp.37-58.
- LUNDVALL, B.A. (1992) - *National Systems of Innovation: toward a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter.
- MALERBA, F; ORSENIGO, L. (1997) - Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities. *Industrial and corporate change*.v.6, n.1, pp.83-117.
- MCT (2002) Relatório Sobre Alguns Aspectos da Física Brasileira, 75p.
- QUADROS, R.; FURTADO, A. BERNARDES, R.; FRANCO, E. (2001) - Technological innovation in Brazilian industry: An assessment based on the São Paulo innovation survey. *Technological Forecasting and Social Change*. vol. 67, n.2-3, pp.203-219.
- ROBERTS, E. B. (1991) - *Entrepreneurs in high-technology: lessons from MIT and beyond*. New York: Oxford University Press.
- SILVA, C (2004) - Empresa inovadora fatura 30% a mais. O Estado de São Paulo. 12dez. Economia&Negócios. Caderno B, p.B3.
- VIOTTI, E.B (2002) - National learning systems: A new approach on technological change in late industrializing economies. *Technological Forecasting and Social Change*. vol. 69, n.7, pp.653-690.