

# Criação de conhecimento na indústria de alta tecnologia: estudo de casos em projetos de diferentes graus de inovação

Juliano Pavanelli Stefanovitz

Marcelo Seido Nagano



## Resumo

*Este artigo tem por objetivo caracterizar o processo de criação de conhecimentos no desenvolvimento de produtos de alta tecnologia em projetos de diferentes graus de inovação. Como contribuição teórica, o presente trabalho reúne algumas das principais abordagens ligadas a este processo num modelo que organiza os conceitos estudados em quatro dimensões fundamentais. Um estudo de casos efetuado em uma empresa do setor de automação industrial é apresentado analisando três projetos desenvolvidos pela empresa. Uma análise comparativa dos processos de criação de conhecimentos em cada um destes projetos é efetuada tendo como resultado a identificação de características do processo criativo influenciadas pelo grau de inovação.*

**Palavras-chave:** Criação de conhecimentos. Inovação. Processo de desenvolvimento de produtos de alta tecnologia.

## 1 Introdução

É amplamente reconhecida a crescente necessidade das empresas inovarem. Este fato é particularmente relevante para organizações que competem em mercados de produtos com curto ciclo de vida, como os de alto conteúdo tecnológico. As atenções se voltam, desta forma, para abordagens que procuram entender os mecanismos que conduzem à inovação.

Há relativo consenso acerca do significado do termo “inovação”. Pesquisadores de diferentes áreas parecem convergir para a definição deste termo como sendo o desenvolvimento e a produção de novos produtos e serviços capazes de obter sucesso comercial (GARCIA; CALANTONE, 2002). Faz-se mister notar que, de acordo com esta definição, o termo envolve duas dimensões fundamentais: novidade e viabilidade. Gerir inovações, portanto, deve ser uma atividade fortemente direcionada por estes dois eixos conceituais, o da criação de novas alternativas possíveis e o da convergência em direção a uma solução viável (LEONARD; SENSIPER, 1998).

A primeira dimensão – “novidade” – está ligada à criação de novas ideias e soluções. A base de sustentação desta dimensão reside no processo de criação de conhecimentos que tragam novas maneiras de se enxergar a realidade e de se resolver problemas. Os conceitos por ela envolvidos vão ao

encontro de abordagens que procuram entender os processos organizacionais sob a ótica do recurso conhecimento (GRANT, 1996; NONAKA; TAKEUCHI, 1997). A segunda dimensão, ligada à viabilidade técnica e comercial, sustenta-se no processo de materialização das invenções em produtos demandados pelo mercado. Esse processo de conversão de ideias e conceitos em novos produtos e serviços é bastante explorado por pesquisas ligadas ao Processo de Desenvolvimento de Produtos – PDP.

Este artigo tem como objetivo principal contribuir para a integração de teorias ligadas ao PDP e ao processo de criação do conhecimento nas organizações na investigação do processo de inovação. Para tanto, procura caracterizar o processo de criação de conhecimentos encontrados em projetos de desenvolvimento de produtos de alta tecnologia de diferentes graus de inovação. Busca-se, assim, encontrar relações entre a tipologia de inovação presente no projeto e o modo como os conhecimentos nele foram criados.

Apesar do já mencionado reconhecimento da importância da inovação, os processos que contribuem para a performance inovadora e os fatores que a inibem permanecem ainda não totalmente explicados (SALAMAN; STOREY, 2002). A literatura mostra que o corpo de conhecimento ligado à inovação é fragmentado e carece

de integração (ADAMS; BESSANT; PHELPS, 2006). Em uma revisão crítica das pesquisas voltadas para a inovação, Anderson et al. (2004) argumentam que há uma predominância de pesquisas que abordam o tema sob a ótica do indivíduo ou da organização, destacando uma lamentável falta de investigações e estudos que o abordem sob a dimensão da equipe de trabalho. Neste sentido, a presente pesquisa busca explorar o processo inovador sob esta dimensão, propondo a integração de dois importantes processos que o sustentam: o processo de criação de conhecimentos e o processo de desenvolvimento de produtos.

## **2 Base conceitual**

### **2.1 O processo de criação de conhecimento nas organizações**

O desafio de inovar exige a criação de novas ideias, a superação de paradigmas tecnológicos e mercadológicos e um novo olhar sobre a realidade. Não se trata, pois, de um processo mecanicista com entradas e saídas padronizadas e repetitivas. Assim, é impossível minimizar a dimensão intrinsecamente humana do processo inovador: a criatividade para a geração de novas ideias, a experiência para a avaliação de propostas, a intuição para a tomada de decisões com risco, a persistência para novas tentativas após o fracasso.

Apesar de não haver, ainda, um entendimento completo do modo como indivíduos, recursos e condições organizacionais interagem para a geração de novos conhecimentos, é possível identificar importantes avanços nos últimos anos. Reconhece-se que a criação não é um processo linear, de atividades disciplinadamente bem sequenciadas, mas que apresenta ritmos de busca e seleção, exploração e síntese, ciclos de pensamento divergente seguidos por convergência (LEONARD; SENSIPER, 1998).

A caracterização do conhecimento em suas formas explícita e tácita é bastante útil para o estudo do processo criativo. Entende-se por conhecimento explícito aquele que pode ser facilmente codificado, formalizado e transferido. Já o tácito é caracterizado pela inabilidade do seu portador de articulá-lo de forma completa, sendo constituído por uma mistura indissolúvel de habilidade, experiência e técnica (NONAKA; TAKEUCHI, 1997).

A Teoria Japonesa de criação de conhecimentos trouxe contribuições significativas ao entendimento dos processos pelos quais conhecimentos são criados na organização. O núcleo teórico desta abordagem reside em modelo dinâmico que se ancora na interação social entre os conhecimentos tácito e explícito. Tal interação ocorre por meio dos quatro processos de conversão existentes entre esses dois tipos de conhecimento: Socialização, Externalização, Combinação e Internalização – a chamada espiral SECI (NONAKA; TAKEUCHI, 1997).

Essa espiral de criação do conhecimento tem início com a Socialização, processo de troca de novos conhecimentos tácitos por meio de experiências compartilhadas em interações sociais e técnicas cotidianas. O conhecimento tácito criado é explicitado no processo de Externalização e passa a compor base conceitual para produção de novos conhecimentos na forma de imagens e documentos. O processo de Combinação consiste na reunião e processamento de conhecimentos explícitos gerando conhecimentos explícitos mais complexos que são, por sua vez, disseminados na organização. Por fim, na Internalização, o conhecimento explícito é aplicado em experiências práticas e compõe a base cognitiva para novos processos (NONAKA; TAKEUCHI, 1997).

Leonard e Sensiper (1998) argumentam que a capacidade de uma empresa inovar está fortemente relacionada ao conhecimento tácito de que ela dispõe. Em estudo baseado em pesquisas sobre criatividade e comportamento não analítico, as autoras sugerem três maneiras pelas quais o conhecimento tácito é exercitado a serviço da criação: resolução de problemas (utilização do conteúdo tácito de especialistas a fim de encontrar uma solução para problemas apresentados com clareza); determinação de problemas (utilização de conhecimentos tácitos no confronto com situações problemáticas menos estruturadas e capacidade de repensar a forma de se encarar o problema); e predição e antecipação (a imersão no fenômeno propicia capacidade de prever ocorrências e se antecipar a elas).

No estabelecimento de um processo de convergência efetivo, o conhecimento tácito agregado por membros de projeto deve ser coordenado e provido de foco. Há três tipos de conhecimentos tácitos atuantes neste processo: sobreposto, construído e compartilhado nas interfaces de atuação entre os indivíduos, fundamental para a integração de tarefas interdependentes; coletivo, desenvolvido de forma conjunta por meio das interações entre os membros da equipe; e guiador: embora muitas visões direcionadoras possam ser explicitadas, elas geralmente carregam alto nível de abstração, tornando a componente tácita fundamental na regência do processo de desenvolvimento (LEONARD; SENSIPER, 1998).

A relação entre o potencial inovador de uma equipe e a atitude criativa de seus membros é óbvia. É amplamente reconhecida a importância da motivação para a performance criativa individual (THAMHAIN, 2003; AMABILE, 1997). Existem duas formas básicas de motivação: a extrínseca e a intrínseca. A primeira está relacionada aos estímulos externos que afetam a relação do indivíduo com o trabalho – por exemplo, a recompensa financeira. Mas é na motivação intrínseca, relacionada à ligação pessoal do indivíduo com o trabalho, que reside o verdadeiro potencial para a criatividade. É na paixão pelo conteúdo intrínseco de suas atividades, por enxergar uma parcela de realização pessoal no seu dia a dia de trabalho, que os indivíduos exercitam

na plenitude sua capacidade de romper a fronteira do que já existe (AMABILE, 1998).

Gestores de equipes possuem papel central na construção de ambientes inovadores. Eles devem exercer o papel de um “arquiteto social”, que compreende a interação de variáveis organizacionais e comportamentais, fomenta um ambiente de participação ativa, orgulho e detecção rápida de problemas internos. Para tanto, estes gestores devem ser cuidadosamente preparados e desenvolvidos, necessitando de elementos de liderança, organização, administração, expertise técnica e habilidade para se relacionar com a alta direção (THAMHAIM, 2003).

Hansen e Birkinshaw (2007) propõem a existência de uma “cadeia de valor da inovação” em cada organização, composta de três macrofases (geração, conversão e difusão de ideias) e seis tarefas conectivas (colaboração interna, externa e entre unidades, seleção e desenvolvimento de ideias e difusão de ideias selecionadas). Os autores defendem que cada organização tem seus desafios particulares a serem enfrentados na dimensão criativa, minimizando a eficácia soluções “one size fits all” para o aumento da performance inovadora.

## 2.2 A integração de conhecimentos nas organizações

O inevitável processo de especialização por que passam as empresas intensivas em conhecimento as coloca frente a novos desafios. Por um lado, são inegáveis os benefícios desse alto grau de profundidade e especificidade da atuação dos indivíduos em nichos de conhecimento. Por outro lado, este contexto torna o processo de coordenação e integração do conhecimento destes especialistas uma tarefa fundamental da organização (GRANT, 1996).

Este cenário tem despertado novas reflexões sobre o papel da média gerência nas empresas. A importância desta camada hierárquica, considerada foco de ineficiência por algumas abordagens administrativas na última década, ganha reforço considerável quando se enxerga a organização sob a ótica do recurso conhecimento (JANCZAK, 1999; NONAKA; TAKEUCHI, 1997). Tal fato se deve ao reconhecimento de que estes gerentes são peças fundamentais no processo de integração e articulação do conhecimento organizacional.

A Teoria Japonesa defende que os gerentes médios exercem papel central na nova dinâmica produtiva, por efetuarem a conexão entre duas dimensões cognitivas da organização. Numa esfera superior, são os responsáveis por assimilar a visão estratégica da alta direção, transformá-la em algo mais concreto e explicitar o conhecimento necessário para sua realização nas equipes. Num nível mais baixo, extraem o conhecimento tácito dos especialistas presentes na linha de frente da organização (NONAKA; TAKEUCHI, 1997).

Para melhor acomodar este fluxo de conhecimento e fomentar as conversões de conhecimento que compõem a espiral SECI, os autores propõem uma nova estrutura gerencial, denominada *Middle-Up-Down*, na qual a criação do conhecimento é centrada na média gerência. Segundo eles, esta estrutura é mais preparada para alavancar o processo de criação do conhecimento do que aquelas nas quais o processo de inovação parte sempre do topo hierárquico (*Top-Down*) ou das equipes de linha de frente (*Bottom-Up*).

Em estudo sobre o modo como os gerentes médios integram o conhecimento organizacional, Janczak (1999) identifica a existência de três perfis nesta camada hierárquica: o solucionador de problemas, caracterizado por encarar seus feitos como problemas que foram resolvidos, possuem tendência à divisão de processos complexos em subprocessos menores mais factíveis de solução por parte de especialistas; o empreendedor, que enxerga as realizações como desafios pessoais voltados para soluções inovadoras; e o negociador, caracterizado por encarar os projetos como trabalhos de intensa articulação do poder e do conhecimento distribuído pela organização.

## 2.3 Criação de conhecimentos e inovação no Processo de Desenvolvimento de Produtos

Abordagens clássicas ligadas ao PDP sempre reconheceram a importância do conhecimento para o seu sucesso. Clark e Wheelwright (1992) definiram o PDP como um processo complexo de tomada de decisões responsável por transformar ideias e conceitos em produtos. Entretanto, chama a atenção a ascensão de abordagens que, mais do que ratificarem a importância do conhecimento, tratam o PDP sob a ótica deste recurso. Recentes pesquisas fazem uso de ferramenta teórico ligado à aprendizagem e gestão do conhecimento na investigação destes processos (CORSO et al., 2001).

Grant (1996) afirma que o trabalho de coordenação e integração de conhecimentos complexos envolve duas dimensões fundamentais. A primeira reside na utilização de regras, rotinas e políticas que maximizem a eficiência do processo de transferência de conhecimentos. Tais mecanismos são bastante adequados para a troca de conhecimentos explícitos. Entretanto, são impotentes em relação à necessidade de integração de conhecimentos tácitos, que compõem a base do *know-how* dos especialistas envolvidos no PDP. Assim, uma segunda dimensão desta integração inclui processos mais intensivos em comunicação. Dois processos se sobressaem como elementos de amálgama deste conhecimento tácito distribuído: a tomada de decisões e a solução de problemas.

Silva e Rozenfeld (2003) investigam a ocorrência das quatro conversões de conhecimentos nas principais dimensões do PDP. Dois resultados apresentados pelos autores merecem destaque. Em primeiro lugar, está a demonstração de que a Socialização é a conversão mais



frequente em todas as dimensões do PDP. Tal fato reafirma a importância da transmissão de conhecimentos pela via tácita e de mecanismos organizacionais que estimulem a interação “face a face”. Em segundo lugar, destaca-se a grande intensidade com que se verifica o processo de Combinação na dimensão Atividades e Informações do PDP. Tal fato comprova o caráter “aglutinador de conhecimentos” de várias atividades envolvidas no PDP.

Smulders (2004) caracteriza o processo de inovação do produto como um processo de aprendizagem, já que, para que ocorra o aumento de conhecimento responsável pelo desenvolvimento do novo produto, é cabal que haja aprendizado – tanto no nível individual quanto no nível organizacional.

É de suma importância reconhecer a influência que a estrutura do próprio produto exerce sobre a caracterização dos conhecimentos envolvidos em seu processo de desenvolvimento. Nesta linha de raciocínio, Sanchez e Mahoney (1996) afirmam ser possível a identificação de duas formas fundamentais de criação de conhecimentos no PDP: sobre os componentes e as funções por eles desenvolvidas; e sobre os modos como os componentes interagem e podem ser configurados – o que implica em aprendizado sobre a arquitetura do produto.

## 2.4 Grau de inovação

Apesar de apresentarem várias características em comum, projetos inovadores estão longe de formar uma classe homogênea. Dentre as tipologias utilizadas para classificá-los, destaca-se aquela que os diferencia segundo o grau da inovação por ele concebido. Clark e Wheelwright (1992) classificam os projetos de acordo com o grau de novidade presente no produto e em seu processo produtivo. Os autores sugerem classificação em quatro tipos principais: incremental/plataforma/radical/P&D avançado. Em estudo que percorre extensa literatura, Garcia e Calantone (2001) identificam outros construtos usados nesta classificação, dentre os quais se destacam: incremental/modular/arquitetural/radical; evolucionária/revolucionária; sustentadora/disruptiva.

Esses autores propõem uma heurística para uniformização da nomenclatura utilizada na determinação do grau de inovação. A tipologia proposta por eles apresenta três tipos de inovação, a saber: radical, que introduz macro descontinuidades tecnológicas e de mercado; *really new*, que introduz somente um tipo de macro descontinuidade: ou tecnológica ou de mercado; e incremental, que apresenta micro descontinuidades tecnológicas, de mercado ou ambas. Veryzer (1998) utiliza como dimensões de análise do grau de inovação as capacidades do produto desenvolvido e das tecnologias utilizadas em comparação com os produtos e tecnologias já existentes.

## 3 Modelo conceitual para o processo de criação de conhecimentos no Processo de Desenvolvimento de Produtos

As abordagens que investigam o processo de criação nas organizações ratificam que se deve entender este processo de forma muito mais ampla do que a geração de ideias brilhantes. Se é certo que se trata de um processo fortemente influenciado por capacidades cognitivas individuais, é igualmente verídico que possui inexorável caráter coletivo. Assim, compõe-se de mistura indissolúvel de aspectos humanos, ambientais, contextuais e estruturais.

Este fato torna a análise deste processo – desafio proposto neste trabalho – mais difícil. Dentre estas dificuldades, reside a necessidade de se estruturar os diferentes conceitos envolvidos de forma mais organizada. Diante disso, efetua-se aqui uma proposta de arranjo dos conteúdos estudados num modelo integrado que identifica as principais dimensões de análise deste processo. A Tabela 1 apresenta e descreve cada uma destas dimensões.

Para um entendimento mais profundo do processo de inovação, faz-se necessário trabalhar o PDP e o processo de criação de conhecimentos de forma integrada. Se, por um lado, o PDP pode ser visto como o processo que transforma as necessidades de mercado e as novas ideias em novos produtos, o processo criativo deve ser enxergado como responsável pela geração das ideias e conhecimentos necessários para se chegar ao produto inovador.

Projetos de desenvolvimento de novos produtos ou tecnologias envolvem uma grande gama de processos de criação de conhecimentos. Novos conhecimentos são criados em várias atividades inerentes aos projetos inovadores devido à intrínseca parcela de incerteza que

**Tabela 1.** Dimensões de análise do processo de criação do conhecimento.

Dimensão de análise	Descrição
1. Fontes e tipos de conhecimentos	Explora as fontes, internas e externas, e os tipos de conhecimentos que alimentam o processo de criação
2. Atividades e conversões de conhecimento	Explora as conversões entre tipos de conhecimentos e as atividades que mais contribuem para a produção de novos conhecimentos
3. Liderança e atores	Explora o papel e o perfil do líder e de outros atores, formais ou informais, envolvidos de forma significativa no processo criativo
4. Contexto e ambiente	Explora o ambiente social e as condições organizacionais que sustentam e promovem o processo criativo

estes apresentam. Esta constatação direciona o trabalho de síntese teórica desses processos. Ela sugere que não se enxergue a criação de conhecimentos como um processo paralelo ao PDP, que tem início no começo de um projeto e fim no seu produto final. Pelo contrário, deve-se entender a materialização de um produto inovador como uma coleção de enorme quantidade de “pequenos” processos de criação de conhecimentos, ocorridos, em menor ou maior intensidade, em todas as etapas do PDP.

A Figura 1 representa a relação entre estes processos, aqui assumidos como dimensões fundamentais da inovação. Este modelo referencial utiliza as dimensões e um resumo das etapas propostas por Rozenfeld et al. (2005) para o PDP.

Vale ressaltar que o desenvolvimento de diferentes produtos inovadores demanda intensidades criativas diferentemente distribuídas ao longo de suas etapas. Questões como natureza e complexidade do produto e do mercado, modularidade e estágio tecnológico, entre outras, influenciam a demanda por novidade nas diferentes etapas do projeto.

É importante notar que o modelo defende a necessidade de se incorporar cultura e infraestrutura que estimulem a criatividade em toda sua extensão e não apenas na concepção inicial. Evidentemente, as ideias geradas em etapas iniciais possuem maior visibilidade na organização. Não raro, elas representam o próprio conceito do produto que será resultado do empreendimento. Entretanto, uma série de decisões e soluções de problemas de cunho técnico e de maior grau de especialização é tomada ao longo de todas as fases posteriores.

#### 4 Método de pesquisa

A presente pesquisa faz uso da metodologia do estudo de casos múltiplos presente em Yin (2001) para modelar a investigação do fenômeno pesquisado. Três projetos são analisados – com diferentes graus de inovação. Os projetos escolhidos foram executados em empresa brasileira que desenvolve sistemas de alta tecnologia para automação industrial.

Processos envolvidos em projetos de desenvolvimento de produtos de alta tecnologia são tipicamente complexos. Para uma análise profunda, a proximidade entre a investigação e a empresa, por mais de dois anos, foi de grande utilidade na extração de significados para os dados coletados.

Como apresentado na Tabela 2, uma gama diversificada de técnicas de investigação foi utilizada. Em todos os projetos estudados, teve-se amplo acesso à documentação técnica e de gerenciamento dos projetos. No projeto A, houve a participação de um membro da pesquisa como engenheiro de desenvolvimento do projeto, desde seu início até sua finalização. Esta presença diária no ambiente interno do

projeto possibilitou a captação de detalhes sutis relevantes para a pesquisa, conforme sugere Yin (2001).

Nos projetos B e C, na impossibilidade desta participação, fez-se uso de entrevistas semiestruturadas com os respectivos coordenadores. Nestas entrevistas, o pesquisador conduz a conversa baseando-se em agenda de questões pré-definidas, mas com flexibilidade para se aprofundar mais em tópicos específicos de acordo com o andamento do diálogo. No estudo do projeto B, adiciona-se, ainda, a observação direta, já que um dos autores da pesquisa pôde conviver diariamente com o time durante boa parte do projeto.

A análise dos resultados obtidos por meio dos casos foi efetuada em duas etapas. Na primeira, um estudo individual de caso é efetuado. Na segunda, uma análise comparativa entre eles foi estabelecida, com o objetivo de se destacar as diferenças observadas nos processos de criação de conhecimentos de cada um deles.

#### 5 Estudo de casos

A empresa estudada está presente no mercado de automação industrial há mais de 30 anos, teve surgimento fortemente ligado ao setor sucroalcooleiro e conta hoje com aproximadamente 1200 funcionários. Apresenta posição de destaque no nicho em que atua, destacando-se por presença no mercado global fortalecida por representações e filiais distribuídas em 10 países.

A empresa se insere em mercado reconhecidamente inovador. Resultados da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (IBGE, 2000) indicam que o segmento de equipamentos para automação industrial apresenta uma das mais elevadas taxas de inovação tecnológica da indústria brasileira. Para competir neste cenário, possui como diferenciais competitivos sua orientação ao desenvolvimento de tecnologias e sua flexibilidade para inovar. Tais afirmações são corroboradas pelos prêmios de inovação tecnológica que já recebeu (dentre eles, o Prêmio FINEP de Inovação Tecnológica), pela consolidação de parcerias internacionais para transferência de tecnologia e pelas patentes registradas (20) e em registro (23) no EUA.

**Tabela 2.** Projetos analisados e técnicas de coletas de dados.

Projeto	Grau de inovação	Coleta de dados
A	Incremental	Análise documental; observação participante
B	Plataforma	Análise documental; observação direta; entrevista com o coordenador
C	Radical	Análise documental; entrevista com o coordenador

O início de sua empreitada no mercado externo se deveu ao grande sucesso de suas tecnologias no mercado nacional no período que sucedeu o fim do pró-álcool e a regulamentação das substituições de importações (década de 80). Neste contexto, intensificou seus esforços no desenvolvimento de novos produtos e obteve grande visibilidade mundial.

Produtos inseridos no mercado de automação industrial têm como característica fundamental o envolvimento de uma gama diversificada de tecnologias: eletrônica, *software*, telemetria e mecatrônica. Um sistema completo de automação envolve basicamente três níveis estruturais principais. O nível mais baixo está relacionado aos equipamentos de campo, responsáveis pela atuação física em dispositivos da planta e pela medição de variáveis do processo. O nível mais elevado é formado por *softwares* responsáveis pela configuração e supervisão das operações. Um nível intermediário estabelece a integração entre esses dois mundos. Ele é composto por controladores capazes de trocar informações tanto com os equipamentos de campo quanto com os aplicativos de gerenciamento.

A seguir, os projetos investigados são descritos individualmente. Após esta análise inicial, a seção 5.2 tece uma análise comparativa entre eles.

## 5.1 Descrição dos casos

### a) Projeto A – inovação incremental

O projeto A tem início com a encomenda de uma solução para a automação da medição de petróleo em tanques por parte de grande empresa do setor de óleo e gás. O desafio consistia na utilização de tecnologias já existentes internamente para o desenvolvimento de um sistema capaz de atender às especificidades desta aplicação da indústria petrolífera, caracterizada pela grande necessidade de precisão, segurança e rastreabilidade das operações.

Pode-se caracterizar o grau de inovação presente neste projeto como incremental já que ele não apresenta descontinuidade de mercado ou tecnológica em nível macro. Em termos mercadológicos, já existiam no mercado internacional sistemas similares e o desenvolvimento deveria contemplar apenas algumas funcionalidades

inéditas de suporte à medição de petróleo. Em termos tecnológicos, a empresa pôde utilizar plataformas de *hardware* e *software* embarcado já desenvolvidas. Assim, os esforços de desenvolvimento se concentraram na inserção de algoritmos e na criação de alguns módulos novos no *software* do controlador, além da criação de um *software* supervisor específico para a industrial de óleo e gás. A equipe de desenvolvimento foi formada pelo coordenador, três engenheiros de desenvolvimento e um engenheiro de testes. A Tabela 3 descreve as etapas deste projeto.

Nota-se uma concentração do processo criativo na fase de Definição e Detalhamento da Arquitetura do sistema. Nesta etapa, foi preciso estruturar o modo como os algoritmos de cálculo seriam incorporados à estrutura de blocos funcionais da tecnologia existente. Para tanto, houve necessidade de grande integração entre três tipos de conhecimentos: da dinâmica de operação da planta do cliente; das normas nacionais e internacionais que regulamentam as operações de medição de petróleo; e da arquitetura da tecnologia utilizada.

Este processo de síntese criativa foi fortemente concentrado na Figura do coordenador do projeto. A conversão entre os tipos de conhecimento mais importantes nesta etapa foi a combinação. Em processo intenso de “aglutinação” de conhecimentos presentes em normas, requisitos dos clientes e manuais de produtos concorrentes similares, extensa documentação foi gerada. As mais de 300 páginas resultantes desta atividade aglomeravam conhecimentos a serem utilizados pelos engenheiros de desenvolvimento no processo de implementação dos novos algoritmos no *software* embarcado do controlador. Assim, foi identificada forte utilização de canais explícitos nas trocas de conhecimentos entre os envolvidos no projeto.

Desta forma, pode-se afirmar que o coordenador do projeto funcionou como um catalisador de uma gama diversificada de diferentes tipos de conhecimentos, e o processo de divergência de ideias e de conceitos ocorreu de forma bastante individualizada. Para a etapa de convergência gradual da solução, a análise da documentação gerada pelo líder exerceu papel fundamental: equipes da empresa responsáveis pelo contato com o cliente previam

**Tabela 3.** Caracterização das principais etapas do Projeto A.

Etapa	Caracterização	Integração e aplicação de conhecimentos	Intensidade criativa
Definição do conceito	Conceito pré-definido pela encomenda do cliente	Transferência de conhecimentos das operações do cliente para a equipe	Nula
Definição e detalhamento da arquitetura	Concepção de soluções funcionais para que o controlador fosse capaz de executar as aplicações requisitadas	Integração de conhecimentos explícitos, ligados às normas da indústria de óleo e gás e às operações do cliente	Alta, centrada no coordenador
Desenvolvimento e validação	Implementação de algoritmos de cálculo de quantidades de petróleo no <i>software</i> do controlador	Conhecimento tácito dos engenheiros ligado à programação é utilizado para a implementação de algoritmos	Baixa, distribuída nos desenvolvedores

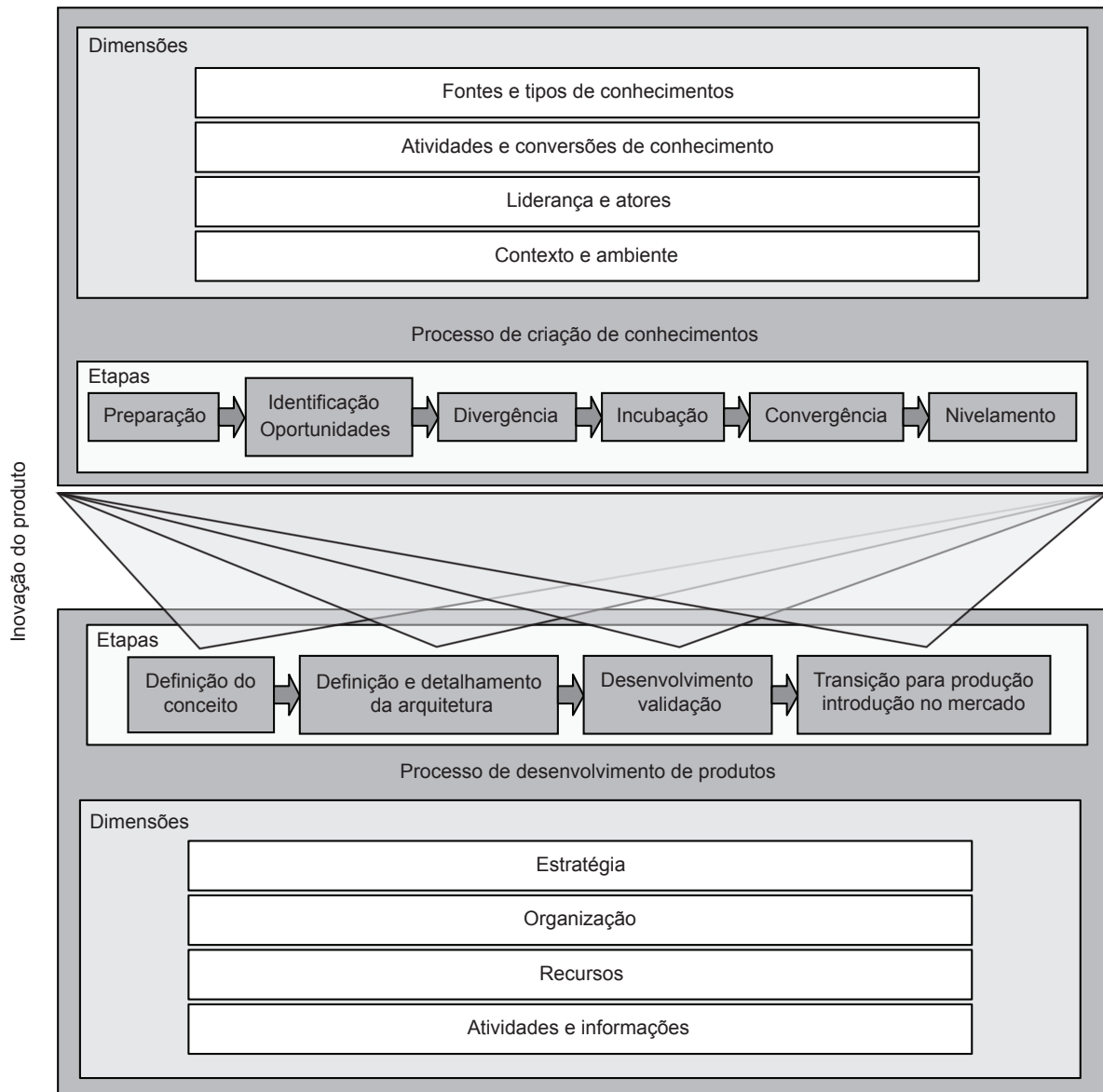


Figura 1. Modelo referencial para o PDP e o processo de criação.

inconsistências relacionadas à adaptação do sistema à operação da planta; engenheiros de desenvolvimento e testes encontravam inconsistências técnicas durante o processo de implementação da solução.

Uma forte aderência ao modelo *Middle-Up-Down* (NONAKA; TAKEUCHI, 1997) pode ser verificada. O coordenador do projeto, gerente do Grupo de Aplicações da Divisão de P&D da empresa, utiliza sua larga experiência em projetos de desenvolvimento, a intensa alimentação de informações de clientes e concorrentes (fornecidas por setores comerciais da empresa) e os resultados técnicos obtidos pelos engenheiros de desenvolvimento durante a implementação do *software* para a materialização do produto final.

O ambiente foi primordialmente caracterizado pela atuação individualizada dos integrantes da equipe. Apesar da grande preocupação com a coordenação e o sequenciamento das atividades de cada membro, uma baixa incidência de atividades de *brainstorming* ou resolução de problemas em equipe foi verificada. Tal fato se explica pois os desafios tecnológicos encontrados não envolviam a necessidade de se explorar problemas pouco conhecidos. Mesmo em etapas nas quais o assunto era novo, como na compreensão dos mecanismos de operação da medição de petróleo em tanques, a documentação disponível elucidava a maior parte das dificuldades.

O relato mostra um processo criativo fortemente centrado na fase de convergência. Para tanto, uma gama



de conhecimentos explícitos já sedimentados, oriundos de várias fontes, foram integrados na concepção de uma estrutura de blocos funcionais e parametrizações adequadas à aplicação industrial em questão. A liberdade de ação criativa esteve restrita pela existência de definições prévias do funcionamento do sistema, feitas pelo cliente e por normas industriais, e pela utilização de uma plataforma tecnológica já existente, com suas limitações.

#### b) Projeto B – inovação plataforma

O projeto B envolve o desenvolvimento de uma nova família de controladores. As novidades em relação à geração anterior desta família se encontram principalmente no aumento de performance e na incorporação de novos protocolos de comunicação, o que propiciou o surgimento de seis novos produtos. A motivação da empresa para este projeto nasceu da demanda por uma geração de controladores dotados de maior interconectividade e velocidade de processamento.

A grande novidade introduzida pela família é a plataforma de *hardware*, integralmente desenvolvida para o projeto, baseada numa combinação de tecnologias não encontradas em produtos concorrentes. Com relação ao *software* embarcado, alguns módulos da família anterior foram adaptados ao novo *hardware* e outros foram integralmente desenvolvidos. A plataforma de *hardware* e grande parte do *software* compõem base comum a todos os produtos da família. A diferenciação entre eles é determinada pelos protocolos de comunicação suportados por cada um.

Dentre as fontes de conhecimentos que alimentaram o projeto, duas merecem destaque, na visão do coordenador, na sua preparação técnica e mercadológica para a condução do projeto e para as tomadas de decisão inerentes a ele. Em primeiro lugar, ele ressalta a importância fundamental de sua participação em uma conferência sobre tendências tecnológicas em *software* embarcado ocorrida em Londres, pouco antes do projeto. Segundo ele, diferentemente das tradicionais feiras de produtos, em que as empresas mostram

“o presente”, eventos ligados a tendências podem inspirar desenvolvedores a imaginarem os produtos “de amanhã”. O evento teve participação decisiva no *insight* de uma nova plataforma tecnológica para a família de controladores.

Em segundo lugar, ele ressalta a importância do contato com as equipes comerciais da empresa e com os próprios clientes. Gerente do grupo de interfaces da Divisão de P&D, o coordenador do projeto B é considerado uma referência por seu conhecimento sobre arquiteturas tecnológicas dos sistemas de automação. Isso fez com que ele sempre fosse alvo de sondagens a respeito da viabilidade do desenvolvimento de sistemas para fins de encomendas ou licitações. Esta interação revelou-se fundamental para a identificação das tendências do mercado e da direção da evolução das necessidades dos clientes.

O coordenador também ressalta a importância de outras interações externas para a obtenção de conhecimentos utilizados no projeto, tais como organizações de padronização tecnológica e movimentos de vanguarda em pesquisa, como o do *software* livre. A equipe, inicialmente formada pelo coordenador e mais oito engenheiros de desenvolvimento, chegou a ter 20 membros em algumas fases. A Tabela 4 caracteriza as etapas deste projeto.

Por se tratar do desenvolvimento de uma linha de produtos de plataforma comum, a definição de sua arquitetura foi processo de fundamental importância. O desafio consistia na definição de uma estrutura coerente com o conceito proposto pelo coordenador e compatível com as restrições tecnológicas de cada um de seus componentes. Neste processo, a documentação teve importante papel de externalizar a proposta do coordenador, submetê-la à análise dos especialistas e permitir a incorporação dos conhecimentos tácitos de cada um deles relativos a cada componente. Paralelamente a esta evolução iterativa da arquitetura, importantes decisões relativas a escolhas de plataformas de *hardware* puderam ser tomadas.

A etapa de desenvolvimento apresentou elevando nível de incerteza na incorporação de um dos protocolos de

**Tabela 4.** Caracterização das principais etapas do Projeto B.

Etapa	Caracterização	Integração e aplicação de conhecimentos	Intensidade criativa
Definição do conceito	Definição de requisitos técnicos para a nova família	Definições baseadas em conhecimentos do coordenador sobre tendências para o setor	Média, centrada no coordenador
Definição e detalhamento da arquitetura	Arquitetura proposta pelo coordenador é redefinida por <i>feedbacks</i> dos especialistas. Importantes escolhas de plataformas tecnológicas	Integração gradual dos conhecimentos tácitos dos especialistas com a arquitetura proposta pelo coordenador. Intensos processos de tomada de decisão e documentação.	Alta, centrada no coordenador, mas com participação de toda a equipe
Desenvolvimento E validação	Desenvolvimento de novos componentes e interfaces. Intenso processo de resolução de problemas em equipe. Adaptação de módulos de <i>software</i> à nova plataforma de <i>hardware</i>	Processo de socialização de conhecimentos na busca de soluções. Reuniões intensas, com grande envolvimento pessoal da equipe	Alta, distribuída em toda a equipe



comunicação, inédito para a empresa. A opção por não contratar especialista no assunto impôs grandes desafios ao time: a assimilação de uma nova tecnologia e sua integração na linha de produtos. Boa parte da equipe foi focada quatro meses para este trabalho, tempo em que intensos processos de “tentativa e erro” foram verificados. Segundo o coordenador, esta etapa foi a mais desafiante, e o elevado grau de envolvimento e dedicação pessoal foram cruciais para o sucesso. Segundo ele, “desenvolver e integrar aquele componente parecia ter se transformado em questão de honra para os membros do time. Muitos continuaram a trabalhar em conjunto em casa mesmo durante dias de greve enfrentados pela empresa”.

O alto nível de incerteza presente na etapa de desenvolvimento trouxe consigo uma grande carga de trabalho coletivo. Em reuniões semanais, o time colocava metas para avanços na elucidação dos problemas e no entendimento da tecnologia. A troca de conhecimentos tácitos era intensa. Segundo o coordenador, foi frequente a ocorrência de *insights* criativos durante conversas entre pessoas que possuíam conhecimento mais teórico e outras que apresentavam maior vivência prática no processo de desenvolvimento.

Dentre os principais papéis da liderança no projeto, o coordenador destaca dois. Em primeiro lugar, sua função enquanto integrador de conhecimentos: utiliza seu conhecimento tácito em desenvolvimento e seu conhecimento da arquitetura do sistema para integrar os conhecimentos tácitos dos especialistas. Em segundo lugar, chama a atenção para a importância de sua participação na antecipação e resolução de problemas. Sua experiência com problemas típicos do processo de desenvolvimento – em particular àqueles em que o desafio é se definir o que é o problema – lhe conferiu grande poder de intuição sobre o melhor caminho para se lidar com tais entraves.

### c) Projeto C – inovação radical

O projeto C envolve o desenvolvimento do protocolo digital e aberto Fieldbus, voltado para comunicação entre equipamentos de automação, de forma pioneira no mundo. Já no meio da década de 80 começavam a surgir tendências em direção à normatização da forma como equipamentos trocam dados entre si. Apesar da resistência dos grandes fabricantes, que dominavam o mercado com protocolos proprietários, o movimento ganhou força e, no início dos anos 90, comitês internacionais foram formados para reger o processo de normatização.

A definição do conceito da nova tecnologia ocorreu em processo gradual, contando com a participação de várias empresas de todo o mundo. Mais que uma decisão pontual, houve um processo de convergência para o desenvolvimento de um protocolo interoperável que possibilitasse processamento distribuído em todos os equipamentos de campo, diagnóstico avançado e redundância. A Tabela 5 apresenta as quatro principais etapas do desenvolvimento desta tecnologia e de sua incorporação pioneira em uma linha de produtos. As duas primeiras ocorreram em âmbito interorganizacional e as duas últimas na empresa estudada.

A empresa estudada, que naquela época contava com 300 funcionários, enxergou neste movimento uma grande chance de atingir posição de vanguarda tecnológica em interoperabilidade digital. Para tanto, designou um engenheiro para participar das reuniões dos comitês de definição da arquitetura da tecnologia. Estes eventos eram constituídos por várias sessões simultâneas, responsáveis por debater cada uma das camadas envolvidas no novo protocolo. Enquanto as grandes potências do setor, com mais recursos, enviavam um especialista para cada sessão, o entrevistado afirma que entrava e saía de todas elas e passava a noite analisando as atas de todas. O que parecia ser uma desvantagem despontou

**Tabela 5.** Caracterização das principais etapas do Projeto C.

Etapa do PDP	Caracterização	Integração e aplicação de conhecimentos	Intensidade criativa
Definição do conceito	Movimento internacional em direção a um protocolo digital normatizado	Aproximação entre empresas de todo o mundo interessadas em participar do processo de normatização	Baixa
Definição e detalhamento da arquitetura	Proposta da arquitetura feita pelos membros era avaliada pelos demais, documentada, e enviada para análise	Integração de conhecimentos de várias empresas. Socialização em reuniões e externalização em extensa documentação	Alta, distribuída em empresas de todo o mundo
Desenvolvimento e validação do protocolo	Desenvolvimento do protocolo ( <i>software</i> ) atendendo às normas especificadas	Intensa absorção e aplicação de conhecimentos sobre as camadas que compõem o protocolo	Altíssima, centrada no coordenador
Desenvolvimento e validação dos produtos	Integração do protocolo com outros componentes: nova linha de produtos	Intensa socialização de conhecimentos e trabalho em equipe; idealismo e grande envolvimento pessoal	Altíssima, distribuída em toda a equipe

como grande diferencial competitivo: diferentemente das demais, a empresa angariava conhecimento amplo de toda a tecnologia internalizado em uma só pessoa, fato que conferiu agilidade para o desenvolvimento.

Em paralelo ao processo de definição da arquitetura do protocolo, acontecia corrida tecnológica que determinaria quais seriam as primeiras empresas capazes de desenvolver a nova tecnologia que estava sendo normatizada – estas certamente despontariam como referências num novo mercado de automação que nascia. O projeto sucedeu com inúmeras reuniões internacionais, envio de versões revisadas da documentação e feiras nas quais cada empresa demonstrava o que já havia conseguido desenvolver.

As grandes empresas vendiam a ideia de que a evolução seria lenta, já que era impossível implementar o sofisticado protocolo nas plataformas de *hardware* usadas naquela época. O então Diretor de P&D da empresa estudada acreditava ser isso possível e conferiu autonomia quase ilimitada para o time empregar seus esforços. Altamente centrado no coordenador, o esforço inicial consistia em criar soluções para a implementação de *softwares embarcados* que atendessem às normas. Uma segunda etapa consistia na integração deste protocolo com outros componentes de *software* e *hardware* na materialização dos primeiros produtos Fieldbus no mundo.

Em ambas as etapas, o coordenador destaca o grau de envolvimento das pessoas no projeto. Em fases próximas às feiras de demonstração e aos testes de validação internacional,

era comum os engenheiros passarem a noite na empresa programando códigos. “Existia um espírito ímpar de que estávamos fazendo algo diferente, de que seríamos os primeiros do mundo a desenvolver uma tecnologia que causaria grande ruptura no mercado de automação”, afirma o coordenador.

## 5.2 Análise comparativa dos casos

De posse do estudo de cada um dos projetos, é possível se estabelecer uma análise conjunta de todos eles. A Tabela 6 sumariza este análise comparativa.

A análise exposta sugere uma maior concentração da etapa divergente nos projetos mais radicais, fato que exerce influência sobre todas as dimensões propostas neste trabalho. Em primeiro lugar, observa-se uma ligação entre o nível de radicalidade e os tipos de fontes de conhecimentos que alimentam o processo de desenvolvimento. No Projeto A, nota-se supremacia de fontes de conhecimentos explícitos, geralmente presentes em extensa documentação. Os conhecimentos tácitos envolvidos estão ligados muito mais ao processo de transformação dos conhecimentos obtidos em novos componentes do produto do que à essência da tendência tecnológica da área.

No Projeto C, situação oposta é observada. Há pouco conhecimento explícito sedimentado a ser obtido do ambiente externo. Como o próprio coordenador afirma, não havia como aprender com clientes ou concorrentes, já que o mercado ainda não dispunha das tecnologias que estavam

**Tabela 6.** Análise comparativa dos projetos.

Projeto	A – Incremental	B – Plataforma	C – Radical
Criação de conhecimento	Integração de conhecimentos explícitos oriundos de diversas fontes	Criação de conhecimento arquitetural e integração de conhecimentos tácitos dos especialistas	Absorção de novo padrão tecnológico e criação de conhecimentos que implementassem a tecnologia em novos produtos
Tipo de conhecimento	Componente (baixo)	Componente (baixo) Arquitetura (alto)	Componente (alto) Arquitetura (alto)
Conversões de conhecimento	Foco em combinação	Foco em externalização e socialização	Foco em internalização, externalização e socialização
Papéis da liderança no processo criativo	Catalisador e tradutor de uma gama diversificada de conhecimentos externos.	Líder do processo de tomada de decisões Facilitador do processo de resolução de problemas	Absorção de conhecimentos. Desenvolvimento de soluções criativas Inspiração da equipe em torno de um ideal
Fontes externas (conhecimentos explícitos)	Clientes (requisitos) Concorrentes (manuais) Org. Industriais (normas)	Org. de padronização tecnológica (normas) Fornecedores (especificações)	Org. de padronização tecnológica (normas)
Fontes externas (conhecimentos tácitos)		Feiras tecnológicas e clientes (tendências)	Feiras tecnológicas e Org. de padronização tecnológica (tendências)

sendo desenvolvidas. Assim, enquanto a participação nas organizações internacionais proporcionava entendimento sobre as tendências do setor, os demais conhecimentos envolvidos eram completamente obtidos dentro da equipe, da experiência prévia dos indivíduos e da criação de novas soluções *in-house*. O projeto B, de grau de inovação intermediário, apresenta uma composição mesclada de suas fontes de conhecimentos. Nele, ao aprendizado com o mercado já existente soma-se uma gama mais tácita de conhecimentos gerados pela própria equipe.

Em segundo lugar, observa-se uma clara diferença entre o papel da liderança nos três projetos. No desenvolvimento mais incremental, o líder atua como um catalisador e tradutor dos conhecimentos obtidos junto a diversas fontes. Neste ponto, nota-se grande aderência do modelo gerencial *Middle-Up-Down* proposto por Nonaka e Takeuchi (1997). O líder atua como um elemento de ligação entre diferentes esferas cognitivas.

Já nos projetos mais radicais, nota-se uma atuação da liderança mais ligada a atitudes inspiradoras e que promovem a busca pelo inédito. A fim de estimular a criação do novo e extrair conteúdos tácitos presentes na equipe, um maior nível de envolvimento pessoal com a causa do projeto é demandado. O perfil se aproxima bastante do gerente médio do tipo empreendedor proposto por Jankzac (1999). Sugere-se, assim, a importância desse caráter mais empreendedor como elemento catalisador do processo de extração do conhecimento tácito dos engenheiros.

Por fim, a hipótese exposta é ratificada pela análise das conversões entre tipos de conhecimentos mais importantes no processo criativo de cada projeto. No Projeto A, nota-se a criação fortemente centrada na combinação de conhecimentos explícitos, gerando conhecimentos explícitos mais complexos. Já nos outros projetos observa-se importante papel da socialização, pelo emprego do conhecimento tácito em atividades intensas de tomada de decisões, criação de alternativas e resolução, identificação e antecipação de problemas.

## **6 Análise dos resultados e considerações finais**

A pesquisa reforça o argumento de que, para se compreender de forma mais profunda o processo de inovação, é necessário abordar a dinâmica com que o conhecimento é criado e integrado. Ao sugerir que projetos de diferentes tipos de inovação fazem uso de diferentes tipos de processos intensivos em conhecimentos, o trabalho ratifica a necessidade de se aproximar conceitos do PDP às teorias organizacionais baseadas no conhecimento. Apesar da limitação óbvia inerente a esta pesquisa – a impossibilidade de se generalizar resultados obtidos em apenas três casos – alguns indícios sugerem fortemente algumas reflexões.

A geração de alternativas se faz indispensável para que se aumente a capacidade de antever futuras restrições. Projetos mais radicais demandam uma maior intensidade criativa na etapa divergente pois exigem um contínuo repensar das fronteiras entre o que existe e o que é possível de ser desenvolvido. Além disso, ao longo de todas as etapas do processo de desenvolvimento, lidam de forma direta com situações desconhecidas e imprevistas, que demandam a geração de novas formas de se resolver problemas e tomar decisões.

Conforme sugere a análise comparativa dos casos, esta característica do processo de criação molda de forma substancial os tipos de liderança, fontes de conhecimentos e processos de conversões de conhecimentos existentes em projetos de diferentes graus de inovação. As seções que se seguem analisam os resultados encontrados em cada dimensão, efetuando ligação entre as conclusões extraídas dos casos e a literatura investigada.

### **a) Dimensão 1: fontes e tipos de conhecimentos**

É evidente que tanto projetos incrementais quanto radicais fazem uso de uma grande gama de conhecimentos explícitos e tácitos. Apesar disso, os resultados da análise dos casos indicam que projetos mais radicais demandam uma utilização mais intensa de conhecimentos tácitos. As causas deste fato residem na própria natureza dos desafios enfrentados nestes diferentes tipos de projetos.

Projetos mais radicais exigem um maior nível de transposição da fronteira entre o já existente e o futuro. Para tanto, necessitam ser alimentados por conhecimentos ainda não sedimentados, disseminados e explicitados. Mais do que combinar diferentes informações no processo de materialização do produto, são guiados por tendências menos concretas na criação de novos paradigmas e referências tecnológicas e mercadológicas. Assim, o maior nível de incerteza aumenta a necessidade do indivíduo dispor de sua experiência acumulada, de *insights* criativos e da análise crítica dos fenômenos.

É possível tecer considerações a respeito do tipo de conhecimento criado segundo a estrutura do produto. Projetos incrementais são normalmente acompanhados por mudanças e melhorias em partes localizadas do produto, demandando tipicamente apenas o aprendizado incremental ou modular sobre componentes caracterizado por Sanchez e Mahoney (1996). Já a intensidade das mudanças nos projetos plataforma ou radical altera não apenas os componentes do produto, mas também a forma como eles se organizam e interagem. Desta forma, conforme notado nos casos, tais projetos exigem aprendizado arquitetural.

Com relação às fontes de conhecimentos, sugere-se que projetos radicais demandam a absorção de informações mais ligadas às tendências das tecnologias que compõem o produto do que às necessidades específicas do mercado atual. Mais do que a capacidade de entender em detalhes o presente, a necessidade de ruptura exige da equipe a

capacidade de vislumbrar o futuro. Projetos incrementais, pelo contrário, podem se alimentar de fontes que forneçam conhecimentos pontuais sobre as necessidades dos clientes de hoje. Conforme mostram os casos, os clientes e a concorrência são fontes de conhecimentos vitais para que se direcione o incremento tecnológico de forma a atender com precisão às demandas atuais do mercado.

#### **b) Dimensão 2: atividades e conversões de conhecimentos**

A maior demanda pela utilização de conhecimentos tácitos em projetos mais radicais apresenta fortes implicações na tipologia das atividades inerentes ao desenvolvimento de produtos nestes projetos. Isto ocorre pois é impossível dissociar a natureza do conhecimento que flui em uma equipe da natureza dos processos que o conduzem e disseminam.

Projetos incrementais, caracterizados pelo uso intensivo de conhecimentos explícitos e sedimentados, fazem da documentação ferramenta fundamental de condução do conhecimento adquirido e criado. A abundância de conhecimentos já explicitados disponíveis para estes projetos motiva a utilização de via documental para o trânsito do conhecimento na equipe. Não raro, tais conhecimentos provêm de documentação gerada em projetos anteriores, que servem de plataforma para o incremento a ser introduzido no novo projeto. Desta forma, é notório que tais projetos têm a Combinação como conversão fundamental dos conhecimentos envolvidos no projeto.

Já em projetos mais radicais, o estudo sugere a predominância de outros mecanismos para a integração e transformação do conhecimento, tais como a maior utilização de atividades de *brainstorming*, tomada de decisão e resolução de problemas em conjunto. Nestes projetos, o processo de Socialização apresenta grande importância, fortalecendo a via tácita para troca de conhecimentos entre os indivíduos.

Esta constatação ratifica Grant (1996), que identifica a documentação como base para a integração de conhecimentos explícitos e os processos de resolução de problemas e tomada de decisões como base para a integração de conhecimentos tácitos. Além disso, esta análise corrobora a abordagem de Leonard e Sensiper (1998), que realça a forte componente social demandada pelas etapas de divergência. Segundo as autoras, esta necessidade de divergência amplia a importância da prática do diálogo e da utilização de *brainstormings*.

Este cenário sugere algumas considerações a respeito da eficácia de sistemas de informação para o gerenciamento do conhecimento ao longo de projetos radicais. Neles, há uma maior dificuldade de utilização destes sistemas já que muito do *know-how* que flui é de difícil formalização e explicitação. A instabilidade e o caráter não estruturado são uma barreira para o armazenamento e o trânsito destes conhecimentos por meio de sistemas.

#### **c) Dimensão 3: liderança e atores**

A análise do estudo efetuado à luz da literatura usada traz à tona reflexões a respeito do perfil de liderança envolvido em projetos de diferentes graus de inovação. Nota-se que o modelo gerencial *Middle-Up-Down* (NONAKA; TAKEUCHI, 1997), ao enxergar o líder fundamentalmente como um integrador de conhecimentos, se mostra mais apropriado para projetos incrementais. Ao pregar a constante combinação entre conhecimentos oriundos de diferentes fontes, o modelo apresenta grande compatibilidade com os desafios envolvidos em projetos menos radicais.

Conforme sugerem os casos, entretanto, projetos mais radicais exigem uma parcela considerável de estímulo à postura empreendedora. O cenário de incerteza e a necessidade de ruptura presente fazem da extração do conhecimento tácito dos indivíduos tarefa fundamental da liderança. Esta tarefa demanda a criação de ambiente que inspire e desafie os indivíduos a romper paradigmas estabelecidos, exigindo também deles postura mais pró-ativa e visionária.

A análise exposta até aqui permite a caracterização da atuação do líder de um projeto incremental mais próxima da gerência de conhecimentos explícitos. Por outro lado, a liderança de projetos mais radicais contempla a coordenação não apenas de conhecimentos formalizados e sedimentados, mas, principalmente, a condução de atividades e processos nos quais se integram e criam conhecimentos tácitos.

Desta forma, podem ser identificados dois níveis de papéis da liderança em projetos mais radicais. Num primeiro patamar se encontra a condução de atividades típicas de integração de conhecimentos tácitos, tais como os processos decisórios e de resolução de problemas em equipe (LEONARD; SENSIPER, 1998). Num grau ainda mais elevado de extração dos conhecimentos tácitos presentes na equipe, encontram-se atividades ligadas à inspiração e à mobilização dos indivíduos em torno da causa do projeto e ao estímulo à atividade empreendedora.

Sugere-se que essa dimensão empreendedora demandada pelos projetos mais radicais seja necessária para enfrentar o maior nível de incerteza e a necessidade de tomada de decisão em meio à natureza caótica e imprevisível destes projetos. Além disso, esta postura mais pró-ativa se faz vital para se lidar com as pressões organizacionais por resultados de curto prazo em projetos de alto grau de incerteza mercadológica.

Com relação à constituição da equipe, nota-se que projetos radicais demandam maior diversidade interna entre os perfis individuais. Isso pois, diante de cenários menos previsíveis e da necessidade de geração de alternativas, as equipes precisam fazer uso da pluralidade de experiências para enriquecer sua capacidade de abordar os desafios. Desta forma, é maior nestes projetos a importância de pessoas com diferentes estilos de resolução de problemas e contatos com diferentes fontes externas de conhecimentos. Evidentemente,



esta diversidade também pode ser enriquecedora em projetos incrementais. Entretanto, as restrições prévias e o foco em convergência diminuem a possibilidade de contribuição mais personalizada.

#### d) Dimensão 4: contexto e ambiente

Alguns fatores, observados nas demais dimensões, contribuem para uma maior carga de envolvimento pessoal e trabalho coletivo em projetos radicais. Dentre eles, destacam-se a inexistência de fontes consolidadas do conhecimento requerido, a elevada incerteza e a necessidade por “descobertas” sucessivas, de maior ou menor grau. Este cenário torna a extração do conhecimento internalizado nos indivíduos desafio fundamental nestes projetos.

Além disso, observa-se uma maior demanda por autonomia, flexibilidade e informalidade em projetos mais radicais. A autonomia e a flexibilidade são vitais para que o indivíduo possa lidar com desafios pouco estruturados de forma adaptável e tolerante às peculiaridades do processo de “tentativa e erro”. A informalidade evita o processo de engessamento e “padronização” de comportamentos e soluções. Ela estimula, assim, contribuições individuais mais personalizadas e originais, fundamentais para a divergência exigida. Nesta linha de raciocínio, ratifica-se Nemeth (1997), que elege a uniformidade e a coerência

adequadas para a implementação de ideias já criadas e a dissidência e a flexibilidade fundamentais para a atividade criativa capaz de romper paradigmas.

#### e) Síntese dos resultados

A Figura 2 consolida os resultados obtidos em cada dimensão do modelo proposto. Vale ratificar que o conteúdo desta Figura busca representar apenas as principais tendências encontradas nestes tipos de projetos e não construir uma visão maniqueísta destes resultados.

Não se espera com esta representação moldar uma visão maniqueísta das atividades que compõem o processo criativo nestes projetos. Tanto projetos incrementais quanto radicais fazem uso de uma diversificada gama de práticas e processos para a criação de conhecimentos. Entretanto, os casos e a literatura utilizada sugerem as tendências mostradas e a predominância de algumas características de acordo com o grau de inovação do projeto.

A análise até aqui efetuada sugere de que forma o maior grau de incerteza presente em projetos de inovação mais radical influi na dinâmica e nas características do processo criativo nele envolvido. Os resultados ratificam que tais projetos se situam em contextos de conhecimento menos estáveis e sujeitos a ambientes internos de maior autonomia e menor previsibilidade e determinismo. Além

Dimensão do modelo		Grau de inovação	
		Incremental	Radical
1	Principais tipos de conhecimentos	Explícito	Tácito
		Ligados a aplicações e necessidades atuais	Ligado a tendências e cenários futuros
		Estável, sedimentado	Instável sujeito a mudanças
		Ligados a componentes do produto	Ligado ao conceito/arquitetura do produto
2	Principais conversões de conhecimentos	Combinação	Socialização
	Principais atividades geradoras de conhecimentos	Integração de conhecimentos explícitos	Integração de conhecimentos tácitos
		Documentação análise de documentos	Brainstorming Resolução de problemas prototipagem
3	Principais papéis da liderança no processo criativo	Integração de conhecimentos explícitos	Condução dos processos de tomada de decisão e resolução de problemas
	Importância da diversidade	Baixa	Alta
4	Ambiente e contexto	Integrações de criações individuais	Criação coletiva
		Intenso fluxo de documentos	Troca de insights e contato face a face
		Restrições técnicas e mercadológicas	Autonomia para criar
		Previsibilidade	“Caos criativo” “tentativa e erro”

Figura 2. Caracterização do processo criativo de acordo com o grau de inovação.

disso, evidenciam a necessidade de processos criativos mais coletivizados, alimentados por maior diversidade interna e submetidos a lideranças de forte componente empreendedor e inspirador

Esta caracterização da equipe e da natureza do projeto inovador radical não é nova. Vários elementos citados, referenciados em contraponto aos projetos incrementais, aparecem, com maior ou menor destaque e clareza, em pesquisas anteriores. Clark e Wheelwright (1992) enfatizam a autonomia demandada pelos *Tiger Teams*, voltados para inovações radicais. Veryzer (2005) chama a atenção para o menor nível de formalização e dinâmica às vezes caótica de projetos de maior grau de ruptura.

Assim, a contribuição da presente pesquisa para a análise de projetos de diferentes níveis de inovação – e as características que decorrem destes níveis – reside na escolha em efetuar esta investigação sob o prisma do processo de criação de conhecimentos. Desta forma, além de estruturar esta caracterização de forma mais organizada e sistêmica, o trabalho sugere que as diferentes características identificadas nos projetos têm origem fortemente vinculada à tipologia do processo criativo neles envolvidos. As diferenças encontradas

deixam clara a necessidade de cuidados diferenciados na gestão das pessoas e nas ferramentas de gerenciamento de acordo com o grau de inovação do projeto.

A análise efetuada também sugere que, embora tenha sido buscada identificação de padrão processual do processo criativo de acordo com o grau de inovação do projeto, a dinâmica deste projeto é fortemente influenciada pelas especificidades da indústria, da organização e do tipo de produto envolvido. Esta constatação, que ratifica Hansen e Birkinshaw (2007), pode ser extraída da análise da relevância de detalhes altamente específicos na evolução dos projetos analisados – como, por exemplo, o contexto interorganizacional de padronização tecnológica.

Os resultados aqui apresentados devem ser encarados como um esforço em direção à integração de abordagens que investigam a dinâmica de projetos inovadores. Sob esta perspectiva, embora muitas das conclusões não sejam absolutamente inéditas, busca-se aqui contribuir para a organização de conceitos, frequentemente discutidos de forma pontual e desintegrada, em modelos sistêmicos que abordem as múltiplas dimensões envolvidas no processo de inovação do produto.

## Knowledge creation in high-tech industry: cases study on projects with different innovation degrees

### Abstract

*The main objective of this research is to provide a characterization of the knowledge creation process involved in high-tech product development projects with different innovations degrees. As theoretical contribution, this work joins some of the most important approaches of this process in a framework that organizes concepts in four main dimensions. A study of cases done in a company that develops high-tech systems for the industrial automation market is presented investigating three projects in the R&D Division of the company. A comparative analysis of the knowledge creation processes observed in each of these projects is made. The main result is the identification of creative process characteristics that are influenced by the innovation degree.*

**Keywords:** Knowledge creation. Innovation. High-tech product development process.

### Referências bibliográficas

- ADAMS, R.; BESSANT, J.; PHELPS, R. Innovation management measurement: a review. **International Journal of Management Reviews**, v. 8, n. 1, p. 21-47, 2006.
- AMABILE, T.M. Motivating creativity in organizations: on doing what you love and loving what you do. **California Management Review**, v. 40, n. 1, p. 39-58, 1997.
- ANDERSON, N.; De DREU, C. K. W.; NIJSTAD, B. A. The routinization of innovation research: A constructively critical review of the state-of-the-science. **Journal of Organizational Behavior**, v. 25, n. 2, p.147-173, 2004.
- CLARK, K.B.; WHEELWRIGHT, S.T. **Revolutionizing Product Development**. New York: The Free Press, 1992.
- GARCIA, R.; CALANTONE, R. A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review. **Journal of Product Innovation Management**, v. 19, n. 2, p. 110-132, 2002.
- GRANT, R.M. Toward a knowledge-based theory of the firm. **Strategic Management Journal**, v. 17, special issue, p. 109-122, 1996.
- HANSEN, M. T.; BIRKINSHAW, J. The innovation value-chain. **Harvard Business Review**, v. 85, n. 6, p. 121-130, 2007.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica**. Brasília, 2000.
- JANCZAK, S.M. **Knowledge integration**: a new approach to the middle management role. 1999. 158 f. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) – Ecole des Hautes Etudes Commerciales, Montreal.
- LEONARD, D.; SENSIPER, S. The role of tacit knowledge in group innovation. **California Management Review**, v. 40, n. 3, p. 112-127, 1998.
- NEMETH, C. Managing innovation: when less is more. **California Management Review**, v. 40, n. 1, p. 59-74, 1997.
- NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criação de conhecimento na empresa**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- NONAKA, I.; TOYAMA, R. The Knowledge-Creating Theory Revisited: Knowledge Creation as a Synthesizing Process. **Knowledge Management Research & Practice**, v. 1, n. 1, p. 2-10, 2003.
- ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2005.
- SALAMAN, G.; STOREY, J. Managers' Theories about the Innovation Process. **Journal of Management Studies**, v. 39, n. 2, p. 147-165, 2002.
- SANCHEZ, R.; MAHONEY, J.T. Modularity, Flexibility, and Knowledge Management in Product and Organization Design. **Strategic Management Journal**, v. 17, special issue, p. 63-76, 1996.
- SILVA, S.L.; ROZENFELD, H. Modelo de avaliação da gestão do conhecimento no processo de desenvolvimento do produto: aplicação em um estudo de caso. **Revista Produção**, v. 13, n. 2, p. 6-19, 2003.
- SMULDERS, F.E. Co-operation in NPD: Coping with Different Learning Styles. **Creativity and Innovation Management**, v. 13, n. 4, p. 263-273, 2004.
- THAMHAIN, H.J. Managing innovative R&D teams. **R&D Management**, v. 33, n. 3, p. 297-311, 2003.
- VERYZER, R.W. Discontinuous innovation and the new product development process. **Journal of Product Innovation Management**, v. 15, n. 2, p. 304-321, 1998.
- YIN, R. **Estudo de Caso**: Planejamento e Métodos. Porto Alegre: Bookman, 2001.

---

### *Sobre os autores*

---

#### **Juliano Pavanelli Stefanovitz**

Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo  
Av. Trabalhador São-carlense, 400, CEP 13566-590, São Carlos – SP  
e-mail: julianops@yahoo.com

#### **Marcelo Seido Nagano**

Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo  
Av. Trabalhador São-carlense, 400, CEP 13566-590, São Carlos – SP  
e-mail: drnagano@usp.br

Recebido: 18/4/2007  
Aceito: 17/5/2009