

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO NO PROCESSO DE
INOVAÇÃO: O DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA FLEX FUEL
NOS SISTEMISTAS BRASILEIROS

Wilian Gatti Junior

Orientador: Prof. Dr. Abraham Sin Oih Yu

São Paulo

2010

Prof. Dr. João Grandino Rodas
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Reinaldo Guerreiro
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Adalberto Américo Fischmann
Chefe do Departamento de Administração

Prof. Dr. Lindolfo Galvão de Albuquerque
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Administração

WILIAN GATTI JUNIOR

**A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO NO PROCESSO DE
INOVAÇÃO: O DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA FLEX FUEL
NOS SISTEMISTAS BRASILEIROS**

Dissertação apresentada ao Departamento de
Administração da Faculdade de Economia,
Administração e Contabilidade da
Universidade de São Paulo como requisito
para a obtenção do título de Mestre em
Administração

Orientador: Prof. Dr. Abraham Sin Oih Yu

São Paulo

2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA/USP

Gatti Junior, Wilian

A construção do conhecimento no processo de inovação : o desenvolvimento da tecnologia flex fuel nos sistemistas brasileiros / Wilian Gatti Junior. – São Paulo, 2010.
196 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2010.
Orientador : Abraham Sin Oih Yu.

1. Gestão do conhecimento 2. Aprendizagem organizacional 3. Desenvolvimento de produtos 4. Indústria automobilística I. Universidade de São Paulo.Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade.
II. Título.

CDD – 658.4038

**A Zi,
por me fazer um homem melhor.
Ao Guilherme,
por me fazer sentir uma criança.
A ambos,
por me trazer o equilíbrio necessário.**

“Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes”. A imagem formada por essa famosa frase de Isaac Newton sempre me fascinou. Esperei por anos por uma justa oportunidade de poder tomá-la emprestada e exprimir meu sentimento ao finalizar um trabalho de pesquisa. Obviamente que não tenho a pretensão, tão pouco a capacidade, de realizar algo à altura de Newton, mas me orgulho em dizer que estive de pé, ao longo de dois anos, sobre ombros de gigantes. O primeiro, a quem devo agradecer, é meu orientador, o Prof. Dr. Abraham Yu, com quem tive o privilégio de aprender a dar os primeiros passos nesse fabuloso mundo que é a pesquisa na área de operações. Outro gigante a quem sou grato é o Prof. Dr. Paulo Tromboni. Sua crítica pertinente sempre foi estimulante para aqueles que querem enxergar além do óbvio. Eu aprendi muito com isso. O Prof. Dr. Marilson Gonçalves, outro gigante, a quem agradeço as valiosas contribuições na banca de qualificação. E a todos os professores da FEA e de outras unidades da USP, com quem tive a oportunidade de estudar e ver mais longe. A todos, o meu sincero muito obrigado.

Agradeço aos entrevistados, gigantes em sua atividade profissional e que me mostraram um Brasil que inova: Erwin Franieck, Bruno Bragazza, Fábio Ferreira, Vagner Gavioli, Orlando Volpato, Henry Joseph Jr, Henrique Pereira e Celso Duarte. A todos, muito obrigado por abdicar de horas preciosas de seu trabalho e de sua vida, para me contar suas histórias e esclarecer inúmeras dúvidas.

Obrigado também aos gigantes colegas da FEA com que mantive prazerosas conversas e troca de e-mails que ajudavam a aliviar o stress. E um muito obrigado aos companheiros da disciplina EAD-5919, que no segundo semestre de 2008, produziram uma rica e maravilhosa pesquisa que inspirou e nutriu esta dissertação. Sintam-se todos abraçados.

Também expressei minha gratidão a minha família, que soube entender esse “período de isolamento” e um agradecimento especial (e talvez inédito na literatura) a minha sogra, D. Ivete Rosenda da Silva, pelo gigantesco “apoio logístico” sem o qual este trabalho não seria realizado.

Por fim, agradeço a Deus. Muito obrigado por mais esse momento especial em minha vida.

**“Você pode sonhar, criar, desenhar
e construir o lugar mais
maravilhoso do mundo...
mas é necessário ter pessoas
para transformar
seu sonho em realidade!”**
Walt Disney

RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo caracterizar e entender a construção do conhecimento organizacional a partir dos desafios que surgem em uma das mais complexas atividades empresariais: o desenvolvimento de novos produtos. Para isto, investiga o projeto de desenvolvimento da tecnologia *flex fuel* no contexto brasileiro de três fornecedores de sistemas para a indústria automobilística (sistemistas), historicamente voltado à adaptação de tecnologias e não ao desenvolvimento. O projeto de desenvolvimento da tecnologia *flex fuel* reúne características que o diferencia da maioria de outros no setor no país, pois foi concebido fora do domínio das montadoras e representa uma experiência, talvez pioneira, que subsidiárias de sistemistas no Brasil tiveram no sentido de integrar competências direcionadas a um desenvolvimento (e não simples adaptação) de elevado grau de complexidade. A pesquisa concluiu que as interações entre as dimensões do conhecimento (epistemológica e ontológica) ocorrem de modo distinto em cada uma das fases do projeto. No pré-desenvolvimento, a organização se utiliza mais do conhecimento tácito e individual dos seus empregados (ex.: desenvolvimentos anteriores, interpretação dos sinais de mercado) para construir o conceito de um novo produto. Na etapa seguinte, fase de desenvolvimento, um projeto conduzido de modo formal (com aprovação e recursos destinados ao projeto) emprega o conhecimento tácito, por meio da interação entre diferentes gerações de engenheiros e principalmente, o conhecimento explícito, com o registro das lições do desenvolvimento em relatórios, arquivos e banco de dados, promovendo a construção do conhecimento individual, do grupo e organizacional. Nessa etapa, se inicia também a construção do conhecimento interorganizacional, com a aplicação do sistema *flex* nos veículos das montadoras. Já um projeto informal, se concentra na construção do conhecimento tácito, que por ter características de conhecimento individual, pode se perder com a saída dos funcionários. Na última fase do projeto, o pós-desenvolvimento, a organização aprende por meio da interação comercial com o mercado (conhecimento tácito) e pelo aprendizado de campo, com as informações reportadas sobre o desempenho do seu produto em condições reais de utilização (conhecimento explícito). Nessa fase, se conclui a formação do conhecimento interorganizacional. Espera-se que este trabalho possa contribuir com novas perspectivas de estudos voltados a relação entre conhecimento e inovação, sobretudo pela importância dos temas para o aumento da competitividade do país.

ABSTRACT

The objective of this dissertation is to characterize and understand the organizational knowledge construction starting from the challenges that come from one of the most complex corporate activities: the new product development. For this, it investigates the development project of the flex fuel technology in the Brazilian context of three systems suppliers for the automobile industry (first-tier suppliers), historically related to the adaptation of technologies and not of development. The development project of the flex fuel technology gathers characteristics that distinguishes it from the majority of the other sectors of the country, because it was conceived outside the domain of the carmakers and represents maybe a pioneer experience, that subsidiary of first-tier suppliers in Brazil had in the sense of integrate competences directed to a development (and not simple adaptation) of high degree of complexity. The research concluded that the interaction between the knowledge dimensions (epistemological and ontological) happen in a distinctive way in each one of the project's phases. In the pre-development, the organization uses more from the tacit and individual knowledge from its employees (ex.: former development, interpretation of the market signs) to build the concept of a new product. The following phase, development phase, a project conducted in a formal way (with approval and resources destined to the project) uses the tacit knowledge, through the interaction among different generations of engineers and especially, the explicit knowledge, with the register of the lessons of the development in reports, files and database, promoting building of the individual, group and organizational knowledge. In this phase, it also begins the building of the inter-organizational knowledge, with the application of the flex system in the carmakers. As for an informal Project, that focuses in the building of the tacit knowledge, and has as its characteristics the individual knowledge, it can be lost when the employees leave the company. In the last phase of the project, the post-development, the organization learns through the commercial interaction with the market (tacit knowledge) and through the field learning, through the reported information about the performance of their product in real conditions of use (explicit knowledge). In this phase, the formation of the inter-organizational knowledge is finished. It is the hope that this work could contribute with new studies perspectives related to the relation between knowledge and innovation, above all, because of the importance of the themes for the increasing of the country competitiveness.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	XII
LISTA DE QUADROS.....	XIV
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	XV
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	16
1.2 OBJETIVOS	20
1.3 JUSTIFICATIVA	21
1.4 ASPECTOS METODOLÓGICOS	22
1.5 SÍNTESE DAS CONTRIBUIÇÕES	24
1.6 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	25
2 O DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS	27
2.1 INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS	27
2.2 A CARACTERIZAÇÃO DA INOVAÇÃO	29
2.3 O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS	33
2.4 OS FATORES RELACIONADOS AO SUCESSO DO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS	41
2.5 SÍNTESE	45
3 CONHECIMENTO ORGANIZACIONAL	47
3.1 DADO, INFORMAÇÃO E CONHECIMENTO.....	47
3.2 CLASSIFICAÇÕES DO CONHECIMENTO ORGANIZACIONAL.....	48
3.3 APRENDIZAGEM E CONHECIMENTO ORGANIZACIONAL	49
3.4 FLUXO DO CONHECIMENTO E SEUS FACILITADORES.....	57
3.5 SÍNTESE	60
4 MODELO TEÓRICO	67
5 METODOLOGIA	71
5.1 A CARACTERIZAÇÃO DO TRABALHO	71
5.2 A CONDUÇÃO DO ESTUDO DE CASO	73
5.2.1 Estrutura teórica	74
5.2.2 Planejamento da pesquisa de campo	74
5.2.3 Teste piloto.....	75
5.2.4 Coleta de dados	77
5.2.5 Análise dos dados	78
5.2.6 Relatório final.....	79
5.3 SÍNTESE	80
6 A INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA E A TECNOLOGIA BICOMBUSTÍVEL.....	81
6.1 A FORMAÇÃO E AS RELAÇÕES DO SETOR.....	81
6.2 ANTECEDENTES DA TECNOLOGIA BICOMBUSTÍVEL.....	87
6.2.1 O álcool combustível	87
6.2.2 A experimentação (1920 - 1974).....	89
6.2.3 A primeira fase do Proálcool (1975 - 1978)	90
6.2.4 A segunda fase do Proálcool (1979 - 1988).....	92
6.2.5 O fim do Proálcool (1989 - 2002)	94
6.2.6 O desenvolvimento da tecnologia bicombustível.....	95
6.3 SÍNTESE	99
7 ESTUDOS DE CASO	101
7.1 O CASO BOSCH.....	101
7.1.1 A empresa	101
7.1.2 O projeto <i>flex fuel</i>	104

7.1.3	Considerações finais	110
7.2	O CASO MAGNETI MARELLI	111
7.2.1	A empresa	111
7.2.2	O projeto <i>flex fuel</i>	113
7.2.3	Considerações finais	119
7.3	O CASO DELPHI	120
7.3.1	A empresa	120
7.3.2	O projeto <i>flex fuel</i>	122
7.3.3	Considerações finais	126
8	ANÁLISE COMPARATIVA DOS CASOS	128
8.1	O PRÉ-DESENVOLVIMENTO	128
8.1.1	Aspectos gerais do projeto	128
8.1.2	Construção do conhecimento - dimensão epistemológica	132
8.1.3	Construção do conhecimento - dimensão ontológica	137
8.2	O DESENVOLVIMENTO	138
8.2.1	Aspectos gerais do projeto	138
8.2.2	Construção do conhecimento - dimensão epistemológica	144
8.2.3	Construção do conhecimento - dimensão ontológica	150
8.3	O PÓS-DESENVOLVIMENTO	152
8.3.1	Aspectos gerais do projeto	152
8.3.2	Construção do conhecimento - dimensão epistemológica	153
8.3.3	Construção do conhecimento - dimensão ontológica	159
8.4	SÍNTESE	160
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	161
9.1	RESULTADOS DA PESQUISA	161
9.2	CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA	169
9.3	LIMITAÇÕES E SUGESTÃO DE ESTUDOS FUTUROS	172
	REFERÊNCIAS	175
	APÊNDICE 01 – PROTOCOLO DE PESQUISA	186
	APÊNDICE 02 – CARTAS PARA AS EMPRESAS	190
	APÊNDICE 03 - ROTEIRO DE ENTREVISTA	193
	APÊNDICE 04 – CITAÇÕES PARA OS MODOS DE CONVERSÃO DO CONHECIMENTO	195

LISTA DE ABREVIATURAS

AEA: Associação Brasileira de Engenharia Automotiva
AEAC: Álcool Etílico Anidro Combustível
AEHC: Álcool Etílico Hidratado Combustível
AMFA: Alternative Motor Fuel Act
ANFAVEA: Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ASTM: American Society for Testing and Material
BNDES: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAD: Computer Aided Design
CAFE: Corporate Average Fuel Economy
CAN: Controller Area Network
CAT: Centros de Apoio Tecnológico
CEAM: Comissão de Estudos sobre o Álcool-Motor
CEO: Chief Executive Officer
CETESB: Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental
CO₂: Dióxido de Carbono
CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente
CRM: Customer Relationship Management
CT: Centro Tecnológico
CTA: Centro Técnico Aeroespacial
DNP: Desenvolvimento de Novos Produtos
ECU: Electronic Control Unit
EECM: Estação Experimental de Combustível e Minérios
EUA: Estados Unidos da América
FFV: Flexible Fuel Vehicle
FMEA: Failure Mode and Effect Analysis
GEIA: Grupo Executivo para a Indústria Automobilística
GM: General Motors
GNV: Gás Natural Veicular
H₂O: Água
IAA: Instituto do Açúcar e do Álcool
INPI: Instituto Nacional de Propriedade Intelectual
IPI: Imposto sobre Produtos Industrializados
IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas
JECS: Japanese Electronic Control System
MM: Magneti Marelli
MTBE: Éter Metil-Terciário Butílico
OPEP: Organização dos Países Exportadores de Petróleo
P&D: Pesquisa e Desenvolvimento
PCT: Patent Cooperation Trade
PMBOK: Project Management Body of Knowledge
PNA: Programa Nacional do Álcool
PROÁLCOOL: Programa Nacional do Álcool
PROCONVE: Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores
SAE: Society of Automotive Engineers
SECI: Socialização, Externalização, Combinação e Internalização
SENAI: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SFS: Software Flexfuel Sensor
SINDIPEÇAS: Sindicato Nacional da Indústria de Peças para Veículos Automotores

TELESP: Telecomunicações de São Paulo
TI: Tecnologia da Informação
UNICA: União da Indústria da Cana-de-Açúcar
UNICAMP: Universidade Estadual de Campinas
USGA: Usina Serra Grande de Alagoas
USP: Universidade de São Paulo
VW: Volkswagen

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Atividades funcionais no projeto integrado de produtos.....	35
Quadro 2 - Atividades por área de conhecimento	40
Quadro 3 - Classificações do conhecimento organizacional.....	49
Quadro 4 - Dimensões do conhecimento	56
Quadro 5 - Fontes de conhecimento em P&D.....	58
Quadro 6 – Quadrantes do conhecimento organizacional.....	62
Quadro 7 – Abordagens de transformação do conhecimento.....	65
Quadro 8 - Entrevistas realizadas	76
Quadro 9 - Relação das entrevistas.....	78
Quadro 10 – Critérios para análise da qualidade do estudo de caso.....	80
Quadro 11 - - Mudanças nas relações fornecedor-montadora.....	83
Quadro 12 - Resumo comparativo da fase de pré-desenvolvimento	131
Quadro 13- Transformações do conhecimento na fase de pré-desenvolvimento na Bosch...	133
Quadro 14 - Transformações do conhecimento na fase de pré-desenvolvimento na Magneti Marelli	135
Quadro 15 - Transformações do conhecimento na fase de pré-desenvolvimento na Delphi.	136
Quadro 16 - Resumo comparativo da fase de desenvolvimento	142
Quadro 17 - Transformações do conhecimento na fase de desenvolvimento na Bosch.....	146
Quadro 18 - Transformações do conhecimento na fase de desenvolvimento na Magneti Marelli	148
Quadro 19 - Transformações do conhecimento na fase de desenvolvimento na Delphi	149
Quadro 20 - Resumo comparativo da fase de pós-desenvolvimento.....	153
Quadro 21 - Transformações do conhecimento na fase de pós-desenvolvimento na Bosch .	156
Quadro 22 - Transformações do conhecimento na fase de pós-desenvolvimento na Magneti Marelli	157
Quadro 23 - Transformações do conhecimento na fase de pós-desenvolvimento na Delphi	158
Quadro 24 - Resumo da trajetória da tecnologia <i>flex</i> entre os sistemistas brasileiros.....	160
Quadro 25 – Resumo dos objetivos e resultados da pesquisa	167
Quadro 26 - Fatores de sucesso do DNP e modos de conversão.....	172

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 – Resumo dos aspectos metodológicos	23
Ilustração 2 - Estrutura básica da dissertação.....	26
Ilustração 3 - Progressão do foco das atenções no mundo industrial.	29
Ilustração 4 - Mapa de transiliência.	31
Ilustração 5 – Tipos de projeto de desenvolvimento.	32
Ilustração 6 - Inovação de arquitetura.....	32
Ilustração 7 - Modelo de desenvolvimento de produtos.	36
Ilustração 8 - Atividades do DNP.....	37
Ilustração 9 - Processo de DNP <i>Stage-Gate</i> [®]	38
Ilustração 10 - O processo e decisões de DNP.....	39
Ilustração 11 - Fatores que afetam o sucesso no desenvolvimento de novos produtos.	43
Ilustração 12 - Fatores de sucesso em DNP.	44
Ilustração 13 - Processo de aprendizagem de perspectiva cognitiva.	63
Ilustração 14 - Modelo de aprendizagem organizacional para o processo de DNP.	64
Ilustração 15 - Espiral da criação do conhecimento organizacional.....	66
Ilustração 16 – Resumo da estrutura teórica	68
Ilustração 17 - Condução do estudo de caso.	74
Ilustração 18 - Modos de conversão do conhecimento durante cada uma das fases do projeto	163
Ilustração 19 - Transformação das dimensões ontológicas do conhecimento durante o processo de DNP.....	164
Ilustração 20 - Modelo teórico	169

1 INTRODUÇÃO

Dividido em seis partes, este capítulo introdutório apresenta o contexto problematizado em que se baseou este trabalho: um ambiente caracterizado pela mudança onde o conhecimento e a inovação, peças centrais na competitividade das empresas, estão em constante transformação. A partir desse cenário são apresentados os objetivos da pesquisa, as justificativas para sua realização, uma breve descrição dos procedimentos utilizados e as contribuições deste trabalho. A sexta e última parte está reservada para o panorama geral da dissertação, com o delineamento dos capítulos que a compõem.

1.1 Contextualização da pesquisa

Já é amplamente difundida a ideia nos meios profissionais e acadêmicos de que a manutenção da competitividade de uma empresa passa por sua capacidade de converter a necessidade e a preferência dos consumidores em novos produtos e serviços. O ritmo veloz de mudanças do ambiente econômico, institucional e tecnológico amplia o desafio diário dos gerentes de criar, desenvolver e lançar soluções inovadoras em prazos e custos inferiores à concorrência.

O aumento da competição global verificado nas últimas duas décadas trouxe para as empresas multinacionais ainda mais complexidade quanto às atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) de novos produtos e duas tendências envolvendo esse processo puderam ser verificadas (DIAS; SALERNO, 2009). A primeira caracterizou-se pela (re)centralização de tais atividades nas matrizes ou centros de pesquisa localizados em países desenvolvidos. A segunda seguiu em sentido oposto as atividades de inovação foram transferidas para algumas subsidiárias, com a formação de uma rede em que se combinam as competências apresentadas por cada uma das unidades.

Conforme Dias e Salerno (2009), a literatura descreve dois motivos fundamentais para que as atividades de inovação sejam descentralizadas em direção às subsidiárias: (1) as atividades de P&D próximas ao mercado das subsidiárias possibilitariam a ampliação da participação nestes mercados mediante um melhor atendimento às preferências locais; (2) as empresas inaugurariam centros de inovação em suas subsidiárias para ter acesso a um conhecimento não disponível no centro de desenvolvimento principal.

Muitos trabalhos relacionam o conhecimento e o desenvolvimento de novos produtos (ex.: BECKER; ZIRPOLI, 2003; HARGADON; SUTTON, 1997; PARIKH, 2001; RUY; ALLIPRANDINI, 2008; SILVA; ROZENFELD, 2003), mas não há uma produção substancial dessas pesquisas retratando inovações em países em desenvolvimento. Em parte, isso pode ser explicado pela natureza das atividades de P&D nesses países, ainda concentradas nas adaptações de produtos existentes projetados nas matrizes ou em centros de pesquisa localizados em países desenvolvidos. No caso específico do Brasil, a tendência verificada é a consolidação de competências locais para adaptar produtos ao mercado local e regional (por exemplo, o Mercosul) e/ou a participação de projetos mundiais, em que se assume a responsabilidade por etapas do desenvolvimento ou do fornecimento global do produto, em razão da capacidade de manufatura local (ROZENFELD *et al.*, 2006). Em resumo, embora as subsidiárias brasileiras tenham reunido certa competência e experiência em atividades de inovação, as matrizes ainda concentram o conhecimento e a tecnologia nas atividades de P&D (CERRA; MAIA; ALVES FILHO, 2007).

Alguns setores industriais brasileiros se esforçam para alterar essa tendência e, entre eles, o automobilístico apresenta casos interessantes. Para Cerra, Maia e Alves Filho (2007) lançamentos de sucesso como o EcoSport da Ford, o Celta e a Meriva da General Motors, o Fox da Volkswagen e o Palio (parcialmente desenvolvido no país) da Fiat são alguns dos exemplos, mas foi com o desenvolvimento do veículo *flex fuel* (capaz de funcionar com álcool, gasolina ou qualquer mistura entre ambos) que o país demonstrou possuir conhecimento não disponível nas matrizes e passou com isso, a sediar diversos centros de referência em P&D, nesse caso para combustíveis alternativos.

Diferentemente de outros desenvolvimentos de sucesso, esse projeto não foi liderado pelas montadoras, mas por uma nova e emergente base de fornecedores conhecida como sistemistas. Os sistemistas surgiram por volta da segunda metade da década de 1990, são constituídos por grandes grupos multinacionais e respondem pelo fornecimento de módulos ou sistemas completos às montadoras, gerenciando para isso sua própria rede de fornecedores. As montadoras passaram, então, a concentrar suas competências na integração desses sistemas.

A ideia de um veículo que pudesse ser abastecido por outro combustível, além da gasolina, não é recente. As crises do Petróleo de 1973 e 1979 alertaram governos de todo o mundo

quanto à necessidade de reduzirem a sua dependência com relação a essa fonte de energia. No Brasil, os estudos nesse sentido evoluíram para a criação do Programa Nacional do Álcool (PNA) ou Proálcool, em 1975, e culminaram com o desenvolvimento do carro movido 100% por etanol (E100) em 1979. Nos Estados Unidos, a preocupação com o consumo do petróleo levou o governo a introduzir uma regulamentação que condicionava a venda de modelos de alto consumo de combustível a uma cota de veículos econômicos. A medida não surtiu o efeito desejado e alguns pesquisadores passaram a analisar que apenas um novo combustível reduziria a dependência americana do petróleo. Coube a Roberta J. Nichols, pesquisadora da Ford, a coordenação de um projeto que resultou na primeira conversão de um veículo a gasolina para metanol (ZUBRIN, 2007). Nichols (2003) revela que em 1981, 40 veículos a metanol foram enviados para a Califórnia, mas as dificuldades impostas pela pequena rede de abastecimento fizeram surgir a ideia de um veículo capaz de utilizar metanol e gasolina, até que a rede de postos pudesse estruturar-se para atender a demanda por metanol. Em 1982, a própria Nichols iniciou o desenvolvimento pioneiro da tecnologia capaz de fazer um veículo ser abastecido com metanol e gasolina em qualquer proporção, o chamado *flexible fuel vehicle* (FFV) (NICHOLS, 2003). Mais tarde, devido a problemas ligados à toxicidade do metanol, o conceito se estendeu para o uso do etanol, contudo o FFV americano, que diferentemente do brasileiro adota um combustível com 85% de etanol e 15% de gasolina (E85), não atingiu o sucesso comercial como o veículo *flex fuel* brasileiro.

No Brasil, a ideia de um veículo bicomcombustível só surgiu no início da década de 1990, quando engenheiros da Bosch brasileira mantiveram contato com as lições do desenvolvimento de um FFV conduzido pela matriz alemã no mercado norte-americano. Combinando esse aprendizado com o conhecimento sobre o carro a álcool brasileiro, a injeção eletrônica e as necessidades e exigências do mercado nacional, a empresa apresentou em 1994 o primeiro protótipo de um veículo *flex fuel*. Entretanto, o custo do sensor, empregado na tecnologia americana para reconhecer o combustível, inviabilizava comercialmente o produto no Brasil. Somado a isso, o desinteresse das montadoras por soluções envolvendo o álcool e os recursos para P&D sendo destinados a projetos voltados aos chamados carros populares (motores até 1000 cilindradas) fizeram a ideia do novo veículo ser arquivada. No início da década de 2000, questões ligadas à preocupação ambiental, a limites mais estreitos às emissões de poluentes veiculares e o baixo preço do álcool reavivaram o interesse no desenvolvimento de veículos movidos a combustíveis alternativos. Assim, grande parte do setor passou a investir no desenvolvimento da tecnologia *flex fuel* e uma solução técnica que dispensou o uso do

sensor para reconhecimento do combustível (que passou a ser feito por *software*) viabilizou comercialmente o produto. Porém, só após o novo veículo ser taxado com o mesmo IPI (imposto sobre produtos industrializados) do carro a álcool (alíquota inferior à do carro a gasolina), que o carro *flex* nacional foi lançado. Coube à Volkswagen, em 24 de abril de 2003, o anúncio de lançamento do Gol Total Flex, com motor de 1.6 litros, o primeiro veículo produzido no país equipado com o sistema *flex fuel* (fornecido pela Magneti Marelli).

No contexto da indústria automobilística brasileira, o desenvolvimento do sistema *flex*, a despeito de seu sucesso comercial, foi muito significativo por dois aspectos. Primeiro como já foi destacado, por ter nascido entre os sistemistas e não nas montadoras (como nos EUA) que mantêm a governança sobre a cadeia de suprimentos, tanto pelo poder econômico quanto tecnológico, sendo esperadas delas as principais inovações do setor, o que não foi o caso no projeto do carro *flex fuel*. E segundo, por ser a experiência, talvez pioneira, que subsidiárias de sistemistas instaladas no país tiveram no sentido de integrarem competências direcionadas a um desenvolvimento de elevado grau de complexidade, o que não representava simplesmente a adaptação de um projeto existente. Nesse projeto, foram exigidas capacidades técnicas e gerenciais para combinar conhecimentos existentes com outros totalmente novos (KOGUT; ZANDER, 1992). Os sistemistas equacionaram problemas relacionados com mudanças nos processos de manufatura, engenharia, materiais, componentes da injeção eletrônica e do carro a álcool, além de questões envolvendo as preferências e necessidades dos consumidores, limites de emissões e a produção de uma solução de baixo custo. Essa inovação, portanto ilustra a relevância estratégica do conhecimento (GRANT, 1996) como fonte de vantagem competitiva (NONAKA, 1991) e de sua importância no processo de inovação.

Com base no desenvolvimento e sucesso comercial da tecnologia *flex fuel*, vislumbrou-se a oportunidade de associar temas de pesquisa conduzidos até o momento de modo disperso ou parcialmente integrados. Com isso, este trabalho intenciona relacionar o conhecimento e seu fluxo em redes de empresas multinacionais com o processo de inovação no contexto de um país emergente. Para perseguir este objetivo, investiga os projetos envolvendo o sistema *flex fuel* conduzidos pelos três sistemistas pioneiros nesse desenvolvimento no Brasil. A questão abaixo direciona os esforços deste trabalho:

COMO SE DEU A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO ORGANIZACIONAL NOS SISTEMISTAS INSTALADOS NO PAÍS DURANTE O PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA FLEX FUEL?

A pesquisa irá percorrer a contínua interação entre o conhecimento tácito (presente na mente das pessoas) e o explícito (encontrado em registros, documentos e banco de dados) nas diferentes fases de um projeto de inovação (pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento). Investigações dessa natureza já foram conduzidas (DYCK *et al.*, 2005; SCHULZE; HOEGL, 2006; SCHULZE; HOEGL, 2008) e diferenças na maneira como o conhecimento é transformado puderam ser observadas em cada uma das fases do desenvolvimento do produto. O contexto estudado e a formatação metodológica desses trabalhos são, entretanto diferentes dos apresentados nesta dissertação.

O contexto da indústria automobilística é muito significativo para estudar a criação do conhecimento e o processo de inovação. Seu produto envolve elevada complexidade tecnológica (CERRA; MAIA; ALVES FILHO, 2007) tanto no projeto quanto na produção, sua cadeia de suprimentos e atuação se estendem por diversos países e por sua importância econômica, é difusora de práticas organizacionais (DIAS; SALERNO, 2009) como engenharia simultânea, produto mundial, *co-design*, *lean manufacturing*, dentre outras.

1.2 Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é caracterizar e entender a construção do conhecimento organizacional a partir dos desafios que surgem em uma das mais complexas atividades empresariais – o DNP – no contexto brasileiro dos fornecedores de sistemas para a indústria automobilística (sistemistas), historicamente voltado à adaptação de tecnologias e não ao desenvolvimento.

Os objetivos específicos são:

- Identificar padrões na construção do conhecimento em cada uma das fases do processo de DNP, a partir da interação dinâmica entre o conhecimento tácito e o explícito.
- Entender a evolução do conhecimento em sua dimensão ontológica – partindo do conhecimento presente no indivíduo até a formação do conhecimento interorganizacional durante o DNP.

- Analisar o papel de agentes externos como fornecedores, clientes, matriz, outras subsidiárias e parceiros e autoridades locais, na construção do conhecimento durante o processo de inovação.
- Verificar a existência de elementos facilitadores do fluxo do conhecimento.

1.3 Justificativa

A tecnologia *flex fuel* representa um desenvolvimento que embora tenha surgido nos Estados Unidos foi desenvolvido com enorme sucesso no Brasil, respeitando condições únicas deste mercado e divulgando ao mundo a possibilidade da utilização do álcool combustível ou etanol, como fonte renovável de energia. Atualmente, os veículos equipados com a tecnologia *flex fuel* respondem por mais de 94% dos carros comercializados no país (ANFAVEA, 2010), além de impulsionar o agronegócio subsidiando pesquisas para a melhoria na produção do álcool e novos usos para a cana-de-açúcar.

A despeito da importância econômica do desenvolvimento da tecnologia *flex fuel*, esta pesquisa que conjuga conhecimento e inovação pode ser justificada pela ótica de dois argumentos. O primeiro diz respeito à importância do tema para o setor automobilístico brasileiro, pois o contexto em que surgiu a tecnologia revela o padrão observado nos principais mercados internacionais, onde se questiona a relação de dependência experimentada pela montadora em relação ao conhecimento dos sistemistas (FINE; WHITNEY, 1996). Atualmente, vem-se observando que os sistemistas têm direcionado um percentual maior do seu faturamento para investimentos em P&D do que as montadoras (CHANARON, 1998) criando uma base de conhecimento de difícil acesso para elas. No Brasil, o setor de autopeças vem promovendo, desde a década de 1990, uma consistente reestruturação caracterizada pelo fechamento de pequenas empresas nacionais e pela realização de fusões e aquisições entre médias e grandes empresas (TOLEDO *et al.*, 2008) que passaram a integrar a rede de fornecedores mundiais para a indústria automobilística mantendo contato assim com a última palavra em desenvolvimento de sistemas e componentes.

O segundo ponto está centrado na própria oportunidade de pesquisa que se abre com esse desenvolvimento no Brasil. Em geral, as pesquisas no país sobre a indústria automobilística se concentram na gestão e organização da manufatura e nas estratégias e relações que envolvem

a cadeia de suprimentos (montadoras e fornecedores) (TOLEDO *et al.*, 2008). A tecnologia *flex fuel* encerra oportunidades únicas para se entender um projeto de desenvolvimento de repercussão mundial a partir do contexto brasileiro que difere amplamente de outros muito estudados como o americano, japonês e europeu.

1.4 Aspectos metodológicos

Este trabalho foi alicerçado sobre três grandes blocos que sintetizam a metodologia empregada para sua construção. O primeiro é constituído por uma ampla pesquisa exploratória que serviu de base para o entendimento de todo o contexto de desenvolvimento da tecnologia no país. A pesquisa conduzida ao longo do segundo semestre de 2008, durante a disciplina Inovação e Desenvolvimento de Produtos do curso de pós-graduação em Administração na Universidade de São Paulo (USP), envolveu, ao todo, 16 pessoas entre alunos e professores da disciplina. A investigação percorreu a literatura sobre o tema e reuniu mais de 25 horas de depoimentos de executivos ligados a três fornecedores (Bosch, Delphi e Magneti Marelli), duas montadoras (General Motors e Volkswagen) e entidades de classe envolvidas (União da Indústria da Cana-de-açúcar e Associação Brasileira de Engenharia Automotiva) traçando um amplo panorama sobre os motivadores e a trajetória de desenvolvimento do sistema *flex*.

O segundo bloco metodológico é dedicado à revisão da literatura que percorreu duas grandes áreas: DNP e conhecimento e aprendizagem organizacional. O primeiro objetivo era reforçar os conceitos adquiridos na pesquisa exploratória de 2008, portanto foi revisitada a classificação da inovação (GARCIA; CALANTONE, 2001), o desenvolvimento de novos produtos (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993) e suas etapas (ROZENFELD *et al.*, 2006). , além da caracterização do conhecimento (NONAKA; TAKEUCHI, 2008), os facilitadores do seu fluxo (ARMBRECHT *et al.*, 2001) e a importância da matriz, outras subsidiárias e parcerias formadas no país sede na unidade analisada (ALMEIDA; PHENE, 2004). Além da apresentação dos constructos teóricos, a revisão da literatura permitiu o contato com pesquisas com objetivos semelhantes aos perseguidos por esta dissertação (SCHULZE; HOEGL, 2006).

Os conhecimentos acumulados nos blocos 1 e 2 motivaram um teste piloto com o objetivo de levantar proposições que viriam a ser estudadas com maior profundidade nesta dissertação,

como por exemplo, as diferenças na construção do conhecimento entre as empresas que competiram no primeiro lançamento da tecnologia *flex fuel*. Este teste piloto estudou o caminho percorrido pelo conhecimento em uma das indústrias pioneiras na P&D da tecnologia bicombustível, a Bosch (GATTI JR, 2009).

O terceiro e último bloco é formado pelos três estudos de caso pesquisados para esta dissertação, que apresentam a evolução do desenvolvimento da tecnologia *flex fuel* nas três primeiras empresas que se dedicaram ao desenvolvimento da solução no país: Bosch, Delphi e Magneti Marelli (MM). A estratégia de múltiplos casos foi escolhida, pois as comparações entre os diferentes projetos possibilitariam construir uma base mais sólida para as evidências coletadas (McCUTCHEON; MEREDITH, 1993; YIN, 2005).

A ilustração abaixo apresenta a trajetória temporal percorrida por esta pesquisa com base nos três blocos metodológicos.

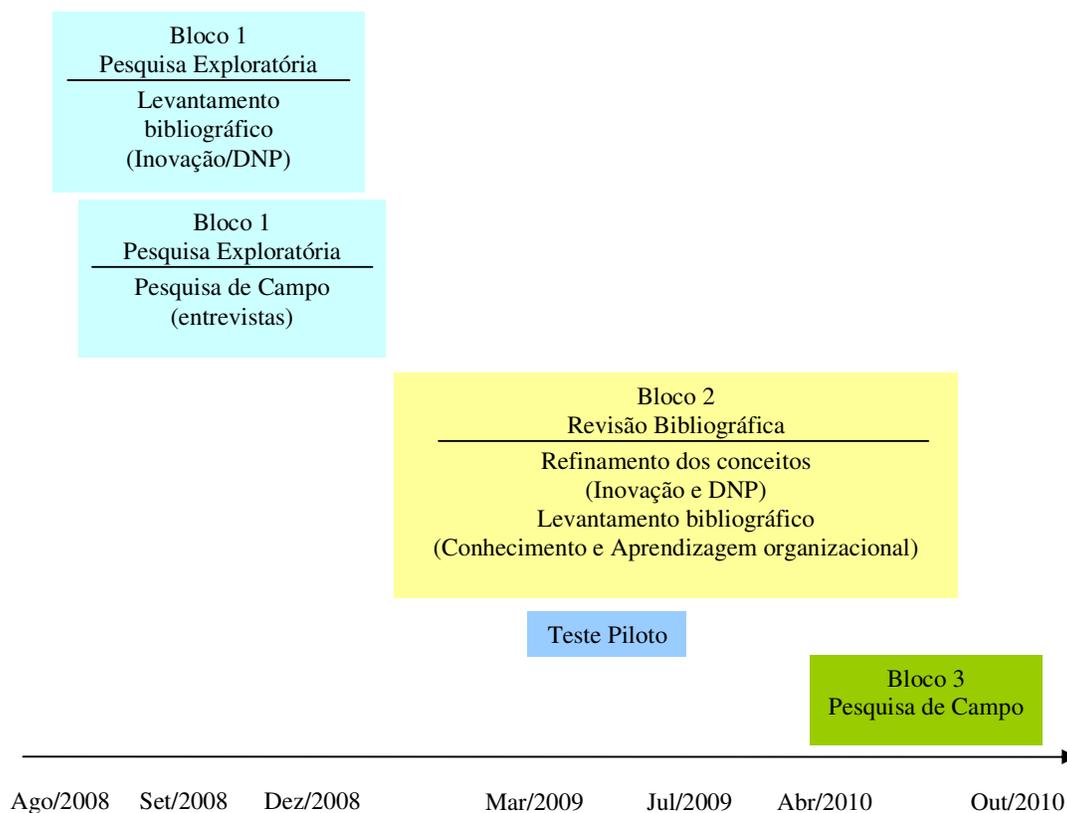


Ilustração 1 – Resumo dos aspectos metodológicos

1.5 Síntese das contribuições

O presente estudo apresentou contribuições calcadas em três áreas: metodológicas, teóricas e gerenciais.

Do ponto de vista metodológico as contribuições são resumidas em dois pontos:

- A investigação qualitativa da construção do conhecimento, por meio da utilização de múltiplos estudos de caso baseados em um mesmo projeto em diferentes empresas, permitiu um aprofundamento da análise.
- Não bastasse esta abordagem que difere de estudos anteriores (SCHULZE; HOEGL, 2006), o contexto e o mercado onde foram conduzidos os estudos de caso diferem de modo substancial da realidade americana, japonesa e europeia onde é conduzida grande parte da pesquisa sobre a indústria automobilística.

As contribuições teóricas podem ser assim destacadas:

- O conhecimento organizacional se forma de modo distinto em função do estágio do projeto e do grau de formalidade com que o projeto é administrado. Nas fases iniciais do projeto há prevalência do conhecimento tácito e na fase de desenvolvimento e pós-desenvolvimento observou-se a presença do conhecimento tácito e explícito. No projeto informal, observou-se a construção mais intensa do conhecimento tácito, no formal, a tendência de construir mais conhecimento explícito, mas foram também encontradas evidências significativas do conhecimento tácito.
- O conhecimento individual dos engenheiros se constrói por meio do estudo e análise. O conhecimento do grupo do projeto pela interação entre os seus membros, com o contato face a face. No nível organizacional o aprendizado ocorre com a integração de conhecimentos explícitos e o conhecimento interorganizacional se utiliza do contato entre as pessoas e da união de conhecimentos registrados.
- O pós-desenvolvimento se revelou uma importante etapa do projeto para a construção do conhecimento organizacional tanto em aspectos comerciais (que ocorre com a interação da organização com o mercado), quanto em detalhes técnicos (com o reporte do funcionamento do produto no campo).

Com relação às contribuições direcionadas à prática gerencial, este trabalho destaca que:

- A gestão do conhecimento em ambientes de projeto requer abordagens gerenciais diferenciadas em cada uma das fases do DNP, considerando as formas como em cada etapa, o conhecimento é construído.

1.6 Estruturação do trabalho

A dissertação foi dividida em nove capítulos compreendidos em seis grandes blocos: introdução, revisão teórica, modelo e metodologia, pesquisa de campo, análise e conclusões e referências. Na introdução são apresentados os objetivos do trabalho, as contribuições esperadas, as motivações da pesquisa e uma apresentação sucinta do corpo da dissertação. Na revisão teórica são delineados os principais constructos que definem e sustentam as conclusões do trabalho. O bloco é composto por dois capítulos: o primeiro trata do desenvolvimento de produtos e o segundo, do conhecimento e aprendizagem organizacional. O capítulo reservado ao modelo e metodologia apresenta o modelo teórico construído para a análise dos casos e os métodos empregados na confecção dos estudos de caso que foram conduzidos nas empresas selecionadas. A pesquisa de campo é dividida em quatro capítulos: o primeiro, com o contexto pesquisado, descreve o cenário da indústria automobilística, sua dinâmica e os fatores que levaram ao desenvolvimento da tecnologia bicombustível. Esse bloco apresenta ainda, os estudos de caso, três no total, que descrevem o projeto da tecnologia *flex fuel* em cada um deles. O penúltimo bloco é reservado para a análise e comparação dos casos e as conclusões do trabalho, quando são retomados os objetivos descritos na introdução. Também são descritas as limitações da pesquisa e recomendações de estudos futuros. Por fim, um capítulo dedicado às referências utilizadas na pesquisa.

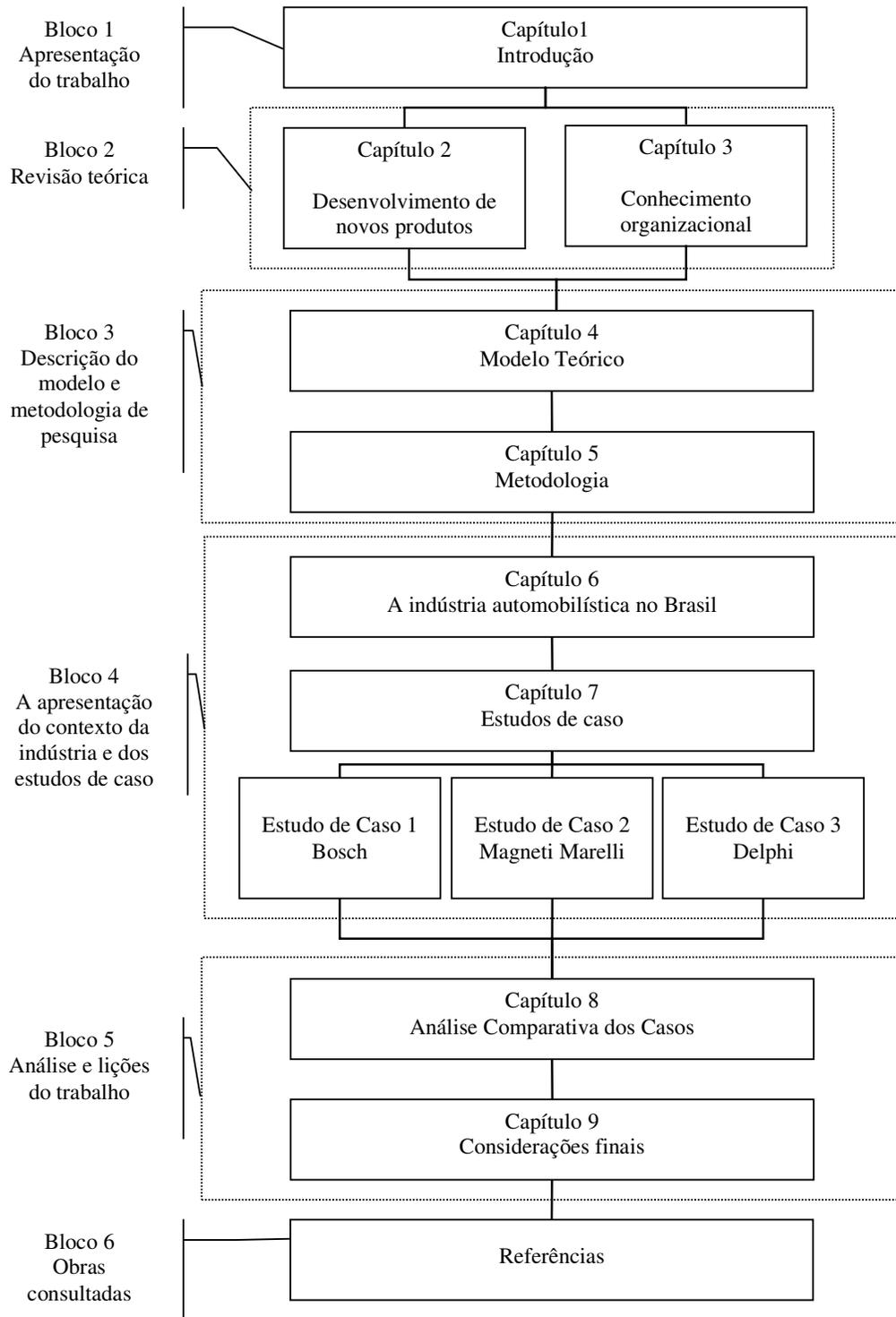


Ilustração 2 - Estrutura básica da dissertação

2 O DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS

Este capítulo apresentará o panorama teórico dos temas relacionados ao desenvolvimento de novos produtos (DNP). Dada a extensão da literatura sobre o tema, esta revisão se fixará aos autores que de alguma forma possuem aderência aos objetivos de investigação propostos por este trabalho. Fugiria ao escopo desta dissertação a análise detalhada da literatura sobre o DNP.

A revisão proporcionada por este capítulo está dividida em cinco partes. Em sua introdução, define como sinônimos os conceitos de inovação e DNP. Apresenta em seguida, um pequeno panorama sobre a tipologia empregada pela literatura para caracterizar a inovação. O capítulo segue com a apresentação de algumas propostas para o processo de DNP e os fatores apontados para o sucesso do processo. As lições extraídas desta revisão teórica são apresentadas na síntese da revisão, última seção deste capítulo.

2.1 Inovação e desenvolvimento de novos produtos

O DNP é uma das expressões utilizadas para definir como novos produtos são projetados e desenvolvidos pelas empresas, empregada, principalmente, por áreas como marketing e gestão. Para Yu, Figueiredo e Nascimento (2010) o DNP é uma das armas competitivas utilizadas pelas empresas para atender às mudanças constantes de preferências dos clientes, antecipar os lançamentos dos concorrentes ou responder a eles para aproveitar as oportunidades tecnológicas e para conquistar uma maior participação do mercado. Em pesquisa e desenvolvimento (P&D), o termo “inovação” é o mais utilizado e na engenharia “*design*”, muito embora autores das áreas de marketing e gestão também tenham se utilizado das expressões *design* e inovação (HART, 1995). Garcia e Calantone (2001) argumentam que o termo inovação é empregado no sentido de desenvolvimento de produtos capazes de gerar sucesso comercial. Esta dissertação, ao se reportar à inovação em produtos, tratará inovação e DNP como terminologias semelhantes, preservando, evidentemente, a distinção desses termos com a inovação em processos.

Clark e Fujimoto (1991, p. 20) definem o DNP como “o processo pelo qual uma organização transforma os dados de oportunidades de mercado e de possibilidades tecnológicas em informações para a produção comercial de um produto”. Yu (2003) assinala que desenvolver

um produto não é uma tarefa fácil, pois em um primeiro momento, é necessário integrar a necessidade dos clientes com a competência da empresa e em um segundo estágio, promover a integração de todas as funções envolvidas com o DNP dentro da empresa. A inovação se distingue da invenção, pois, transforma a pesquisa aplicada em produtos e serviços, proporcionando a empresa valor econômico, tanto na venda da inovação, tanto na redução de custos que ela pode proporcionar, envolvendo não só P&D, mas, por exemplo, marketing, produção e distribuição (GARCIA; CALANTONE, 2002). Inovar em produtos, portanto, é o resultado da aplicação de uma tecnologia no atendimento de uma necessidade de mercado (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993).

Para Cunha (2008) as técnicas e métodos empregados no DNP começaram a ser estudados de modo mais sistemático a partir do final do século XIX e de modo gradual, foram ganhando destaque na indústria alcançando especial interesse no final do século XX. Nessa trajetória, evoluíram não só a base de conhecimento sobre o tema, mas também, o papel do profissional envolvido. Inicialmente, o DNP era visto como um trabalho centrado no indivíduo envolvendo, em geral, uma área de conhecimento, sendo mais recentemente, reconhecida como uma atividade articulada e realizada de modo colaborativo entre diversos profissionais de várias áreas.

Como esclarece Cunha (2008), o mundo empresarial tem experimentado um crescente acúmulo de questões e especificamente no DNP, os problemas relacionados ao processo de fabricação e organização da produção têm perdido espaço para estudos envolvendo a complexidade tecnológica dos produtos.

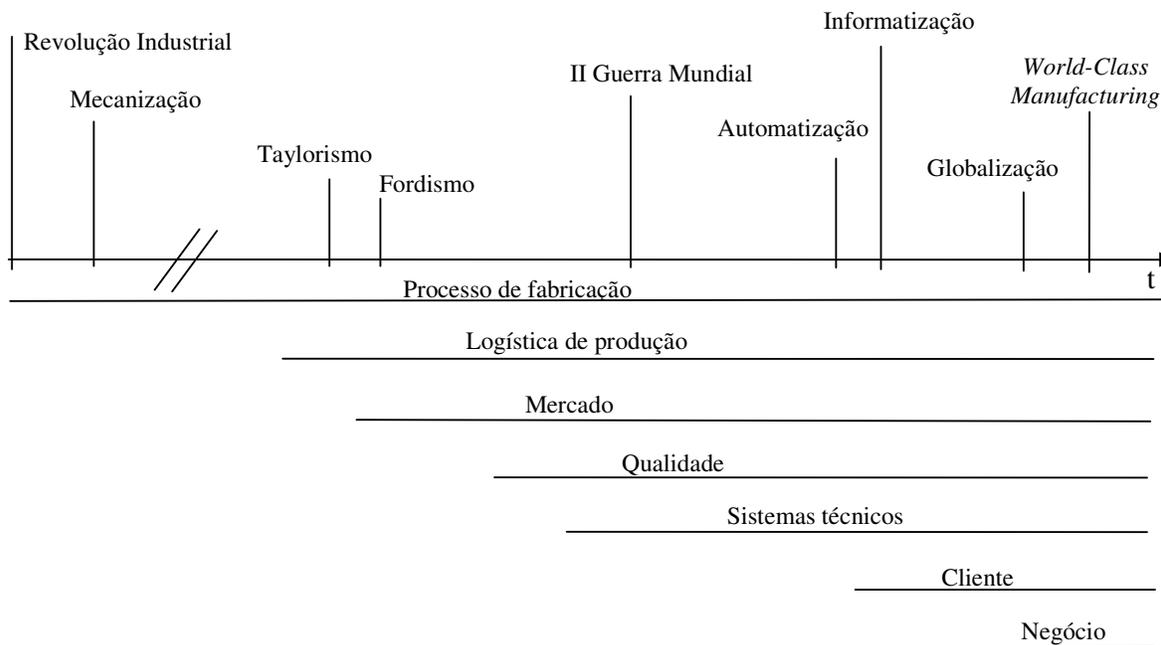


Ilustração 3 - Progressão do foco das atenções no mundo industrial.

FONTE: CUNHA, 2008, p. 71.

Muitos autores argumentam que a literatura sobre o DNP é vasta e reúne diversas perspectivas (ex.: SILVA, 2002; YU, 2003), o que de certo modo incentiva a publicação de trabalhos que visam agrupar e organizar alguns aspectos relacionados ao tema (ex.: BROWN; EISENHARDT, 1995; ERNST, 2002; HART, 1995; KRISHNAN; ULRICH, 2001). Em uma das mais influentes revisões sobre desenvolvimento de produtos, Brown e Eisenhardt (1995) identificaram dois grandes focos de pesquisa sobre inovação: o primeiro voltado ao estudo da tecnologia, tratando de temas como a evolução da tecnologia ao longo do tempo em países e setores industriais e os diferentes modelos de inovação e, o segundo, em um nível mais restrito (micro), ocupa-se com o desenvolvimento de produtos nas organizações. Esta divisão teórica remete ao entendimento de três questões básicas que alicerçam a busca de respostas para o problema desta pesquisa: (1) quais os tipos de inovação existentes; (2) como a inovação se materializa (processo); e (3) quais os fatores que determinam o sucesso de uma inovação.

2.2 A caracterização da inovação

Diversas são as maneiras descritas na literatura para classificar a inovação. Avançar no conhecimento sobre o tema envolve o entendimento da diferença entre essas classificações

propostas na literatura (GARCIA; CALANTONE, 2002). A partir de alguns critérios estabelecidos, os diversos autores buscaram enquadrar e distinguir projetos de inovação dentro de uma determinada tipologia.

Abernathy e Clark (1985) apresentam um modelo chamado de “Mapa de transiliência” utilizado para classificar as inovações do setor automobilístico. Nesse mapa, a inovação é classificada com base em dois eixos:

- “Tecnologia e processo produtivo” que considera o *design* e a materialização da tecnologia, a organização e o sistema produtivo, as habilidades requeridas para a execução do trabalho e gerenciamento do processo, as máquinas e equipamentos produtivos e a base de conhecimento e de experiência.
- “Mercado e consumidores” que abrange as relações com a base de clientes, os canais de distribuição, as aplicações que os clientes dão ao produto, o conhecimento dos consumidores e a comunicação com o mercado.

Ambos os eixos seguem de um extremo, caracterizado pela manutenção do *status quo*, ao seu oposto, definido pelo abandono das práticas até então conhecidas, em outras palavras, torna obsoleta a tecnologia e os relacionamentos com a base de clientes (mercado). A combinação dos eixos resulta em quadrantes que classificam a inovação em: criação de nicho, arquitetônica, regular e revolucionária.

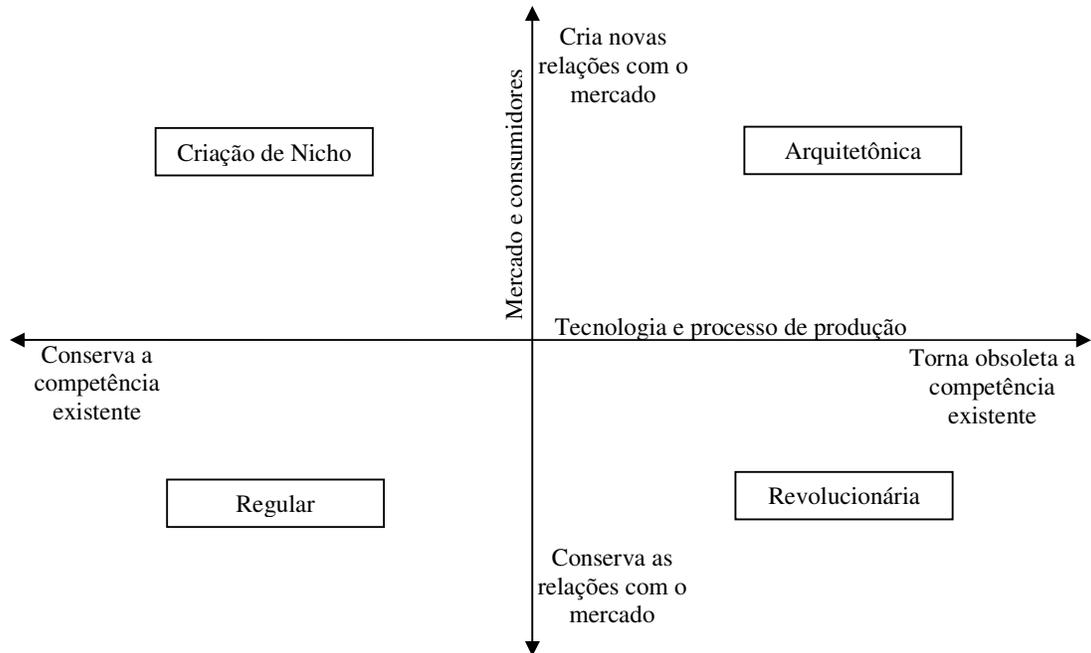


Ilustração 4 - Mapa de transiliência.
 FONTE: ABERNATHY e CLARK, 1985, p. 8.

Clark e Wheelwright (1993) definiram quatro tipos de projetos de inovação com base na mudança no processo e no produto. Os projetos radicais envolvem mudanças significativas, tanto no processo quanto no produto existentes, geralmente introduzindo uma nova família de produtos na empresa, novos processos de manufatura, novas tecnologias e materiais. Projetos plataforma ou próxima geração também promovem mudanças no processo e no produto, porém, não se traduzem em novas tecnologias ou aplicação de novos materiais, servem de elo entre as soluções existentes e a próxima geração de produtos. Os projetos incrementais ou derivados promovem pequenas alterações nos projetos já existentes que podem melhorar, por exemplo, o custo do produto e/ou do processo de fabricação. O P&D avançado não possui objetivo comercial de curto prazo, mas lança as bases para projetos futuros, pois nesse tipo de pesquisa a empresa cria o conhecimento necessário para a inovação.

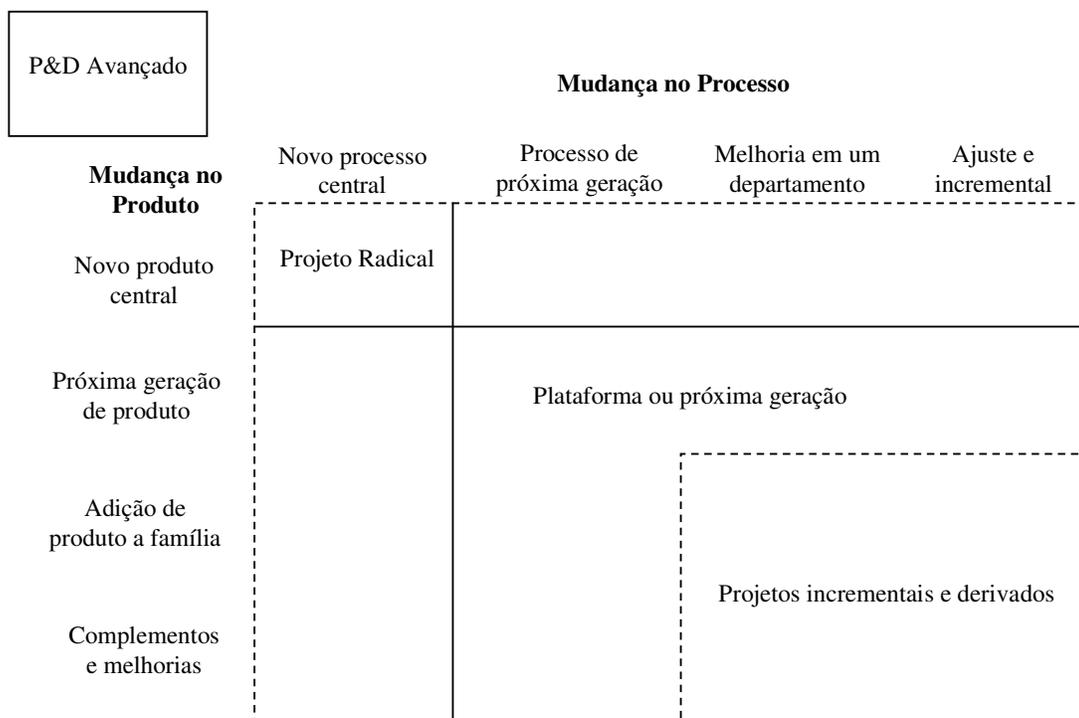


Ilustração 5 – Tipos de projeto de desenvolvimento.
 FONTE: CLARK e WHEELWRIGHT, 1993, p. 104.

Em uma abordagem ligeiramente diferenciada, Henderson e Clark classificam a inovação, (1990) com base nos componentes do produto e no modo como eles interagem entre si, introduzindo o conceito de inovação de arquitetura. O sucesso no desenvolvimento de produtos está no conhecimento que reside na construção de cada componente e na maneira como eles interagem e se combinam constituindo um todo.

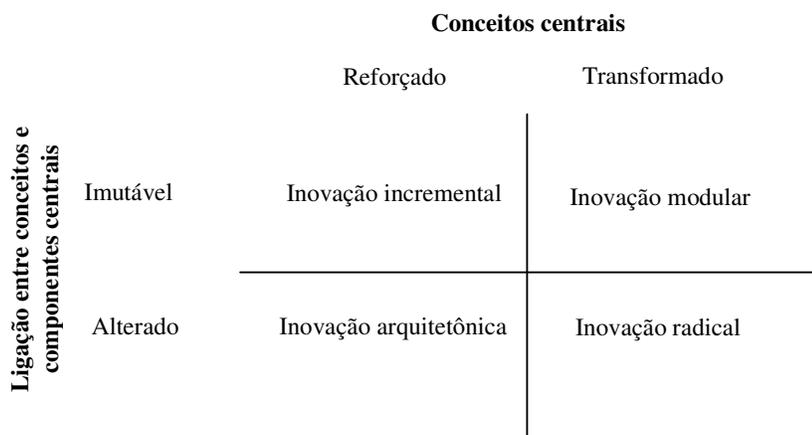


Ilustração 6 - Inovação de arquitetura.
 FONTE: HENDERSON e CLARK, 1990, p. 12

Garcia e Calantone (2001) revisaram as diversas classificações propostas pela literatura para apresentar três definições para a inovação, que pretensamente unificariam as terminologias empregadas pelos diversos autores. Para isso, analisaram duas variáveis relacionáveis entre si. A primeira envolve duas perspectivas: uma macro – que define a produção de inovações para o mundo, para o mercado ou para uma indústria (ex. telégrafo e máquina a vapor) e outra micro – a que introduz novidades para a empresa e/ou para seus clientes. A outra variável trata de duas discontinuidades: uma de mercado – envolve a construção de novas habilidades para interagir com o mercado e a construção de uma nova base de clientes, e outra tecnológica – quando o paradigma tecnológico embutido no produto é alterado exigindo novos recursos de P&D e/ou novos processos de produção. Com base no cruzamento destas variáveis, três tipos de inovação são propostos:

- Inovação radical: provoca discontinuidades de mercado e tecnológicas em ambas as perspectivas (macro e micro).
- Inovação incremental: ocorre somente em nível micro e gera discontinuidade de mercado e/ou tecnológica.
- Inovação *really new*: cobre as combinações existentes entre os dois extremos anteriores, provocando discontinuidades de mercado e/ou tecnológicas em nível micro, porém em nível macro, em apenas uma delas.

2.3 O processo de desenvolvimento de novos produtos

Para Hart (1995) o tema é tratado de duas maneiras: (1) relacionado ao projeto de desenvolvimento de um produto específico, em outras palavras, como cada produto é desenvolvido na empresa, e (2) entendendo como o DNP, em geral, é conduzido em uma empresa inovadora. A primeira abordagem é definida como de nível de “projeto”, que se dedica a temas como processos, pessoas e informação e a segunda de nível “estratégico” lidando com a estratégia, gestão do DNP e estrutura organizacional. Pela amplitude do tema e os objetivos desta pesquisa, a revisão da literatura se concentra nos aspectos do nível definido como “projeto”.

Rozenfeld *et al.* (2006) esclarecem que os princípios da administração científica ajudaram também a moldar o processo de DNP, que surgiu como um conjunto de tarefas executadas de modo seqüencial, quando o projeto percorria diversas áreas funcionais em uma seqüência

lógica: primeiro marketing, depois *design*, em seguida, engenharia, produção, etc. A área recebia o projeto, processava e enviava seu resultado para a próxima área. Como consequência dessa prática, a área dedicada a P&D ficava isolada, sem integração com o restante da empresa. A participação da alta administração não era notada e os fornecedores somente eram envolvidos nas fases finais do projeto. A redução do ciclo de vida e o aumento da diversidade dos produtos, que se evidenciaram em decorrência do dinamismo dos ambientes econômicos, tecnológico, social e de regulamentação, provocaram alterações no processo de DNP.

O conceito de desenvolvimento integrado de produtos surge em oposição à fase anterior (desenvolvimento seqüencial) e é visto como um processo inserido na estratégia geral da empresa e de sua cultura, entendido como fundamental para os objetivos da organização e ocupando, por isso, a agenda da alta administração. No desenvolvimento integrado os fornecedores tendem a se integrar nas fases iniciais do projeto, que por sua vez, é conduzido por times multifuncionais. Vários modelos surgiram para abordar esta nova fase do DNP comungando várias características e influenciando uma às outras (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Entre os trabalhos que abordam o desenvolvimento integrado de produtos, Clark e Wheelwright (1993) apresentam a ideia do processo de DNP como um funil onde, gradativamente por meio de fases de avaliação, a incerteza sobre o projeto é reduzida. Dividido em três fases, o funil se inicia com a recepção de ideias e projetos que são analisados com base em seu potencial e viabilidade, considerando as estratégias de mercado e de tecnologia da empresa. As ideias aprovadas nesta primeira fase seguem, de modo agregado, para uma nova etapa, quando os custos envolvidos e os recursos destacados para o desenvolvimento são detalhados. Na última fase, os projetos têm os esforços de desenvolvimento direcionados para o lançamento do produto no mercado. Nesse momento, o comprometimento dos recursos é elevado e reconsiderar o projeto acarretaria grandes custos para a organização. Os autores também apresentaram as atividades do DNP, envolvendo a integração das três principais áreas envolvidas no processo (engenharia, marketing e produção), considerando as fases do DNP: desenvolvimento do conceito, planejamento do produto, detalhamento do *design* e desenvolvimento, preparação comercial e lançamento no mercado.

Quadro 1 - Atividades funcionais no projeto integrado de produtos.

Atividades Funcionais	Fases do Desenvolvimento					
	Desenvolvimento do Conceito	Planejamento do Produto	Detalhamento do <i>Design</i> e Desenvolvimento		Preparação Comercial	Lançamento no Mercado
			Fase I	Fase II		
Engenharia	Propor novas tecnologias; desenvolver ideias e modelos, conduzir simulações.	Escolher componentes e interagir com fornecedores, construir protótipos, definir arquitetura do produto.	Detalhar o <i>design</i> do produto e interagir com o processo, construir protótipos em larga escala, testar protótipos.	Refinar os detalhes de <i>design</i> do produto, participar da segunda fase de construção de protótipos.	Avaliar e testar unidades piloto, solucionar problemas.	Avaliar a experiência do produto no campo.
Marketing	Obter informações do mercado; propor e investigar conceitos do produto.	Definir mercado-alvo, desenvolver estimativas de vendas e margens; interagir com os clientes.	Conduzir testes com protótipos junto aos clientes; participar da avaliação dos protótipos	Conduzir a segunda fase de testes com os protótipos; avaliar os protótipos; criar o plano de lançamento; estabelecer plano de distribuição	Preparar o lançamento no mercado; treinar força de vendas e o pessoal de atendimento.	Organizar os canais de distribuição; vender e promover o produto; interagir com os principais clientes.
Produção	Propor e investigar conceitos de processos.	Desenvolver estimativas de custo; definir arquitetura do processo; conduzir processo de simulação; validar fornecedores.	Detalhar <i>design</i> do processo; projetar e desenvolver equipamentos e ferramentas; participar da construção de protótipos em larga escala.	Teste e ensaio de equipamentos e ferramentas; construção da segunda fase dos protótipos; instalação de equipamentos e introduzir novos procedimentos.	Fabricar unidades piloto; redefinir processo; treinar pessoal e verificar canais de suprimentos.	Atingir as metas de qualidade, produtividade e custo.

FONTE: CLARK e WHEELWRIGHT, 1993, p. 467.

Na área de engenharia, Pugh (1978 *apud* AMARAL, 2002) foi um dos primeiros pesquisadores a se dedicar ao estudo do processo de DNP. Seu modelo composto de seis fases engloba fases iniciais de coleta de informações no mercado e sua tradução em especificações até uma fase terminal com a realização da venda do produto no mercado.

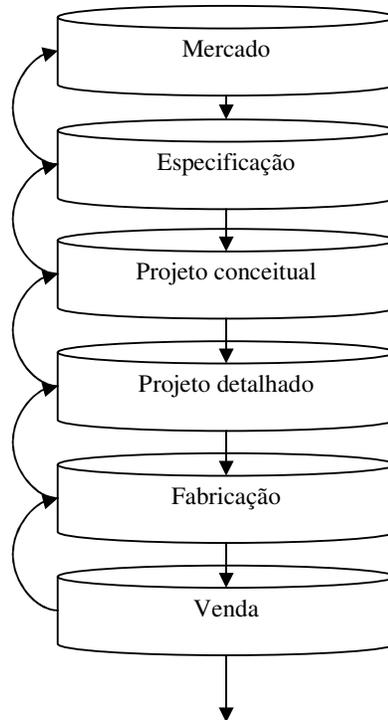


Ilustração 7 - Modelo de desenvolvimento de produtos.
FONTE: PUGH, 1983 (*apud* HART, 1995, p.22).

Cooper e Kleinschmidt (1986), analisando a prática gerencial de 123 empresas no desenvolvimento de 252 novos produtos, identificaram 13 processos básicos envolvidos no DNP. O estudo concluiu, entretanto, que o emprego deste modelo não garante o sucesso comercial do lançamento e alguma atenção especial deve ser dada às fases iniciais do processo, como as atividades de captação de informações do mercado.

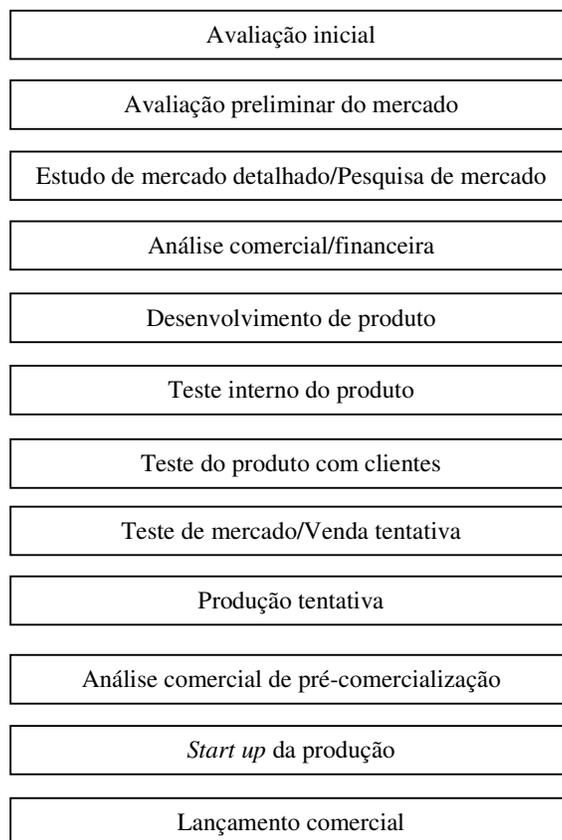


Ilustração 8 - Atividades do DNP.

FONTE: COOPER e KLEINSCHMIDT, 1986, p. 74.

Cooper e Kleinschmidt (1986) também abordaram a ideia de processos formais de verificação do tipo “*go/no go*” nas fases iniciais do projeto. Esse conceito evoluiu para o sistema *Stage-Gate*[®] de Cooper (1990) que descreve o processo de DNP como etapas a serem percorridas (estudo preliminar, definição, desenvolvimento, testes, validação, produção e comercialização) intercaladas com estágios de avaliação (filtros) que definem se o projeto segue ou não para a próxima fase.

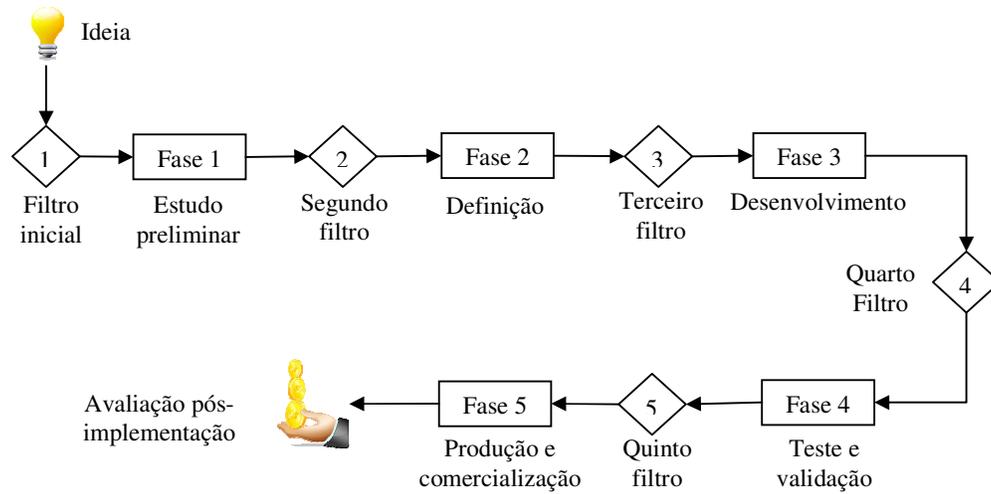


Ilustração 9 - Processo de DNP *Stage-Gate*®.
 FONTE: COOPER, 1990, p. 46.

A área de marketing adotou uma abordagem derivada do conceito *Stage-Gate*®. Kotler (2000) propôs um modelo de oito fases visando o rápido desenvolvimento de produtos: geração de ideias, seleção de ideias, desenvolvimento e teste do conceito, desenvolvimento da estratégia de marketing, análise do negócio, desenvolvimento do produto, teste de mercado e comercialização.

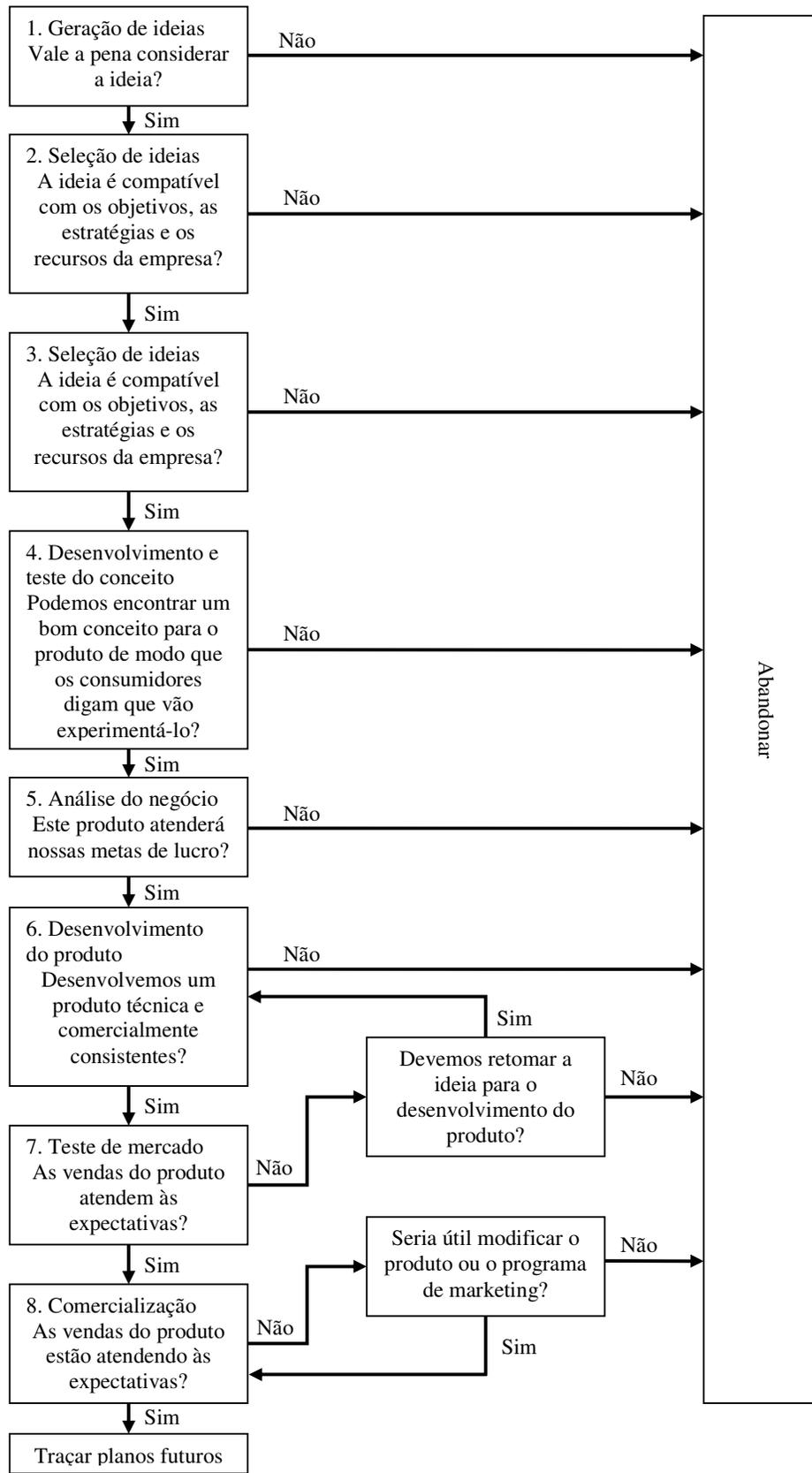


Ilustração 10 - O processo e decisões de DNP.
 FONTE: KOTLER, 2000, p. 357.

Rozenfeld *et al.* (2006) desenvolveram um conceito de DNP – baseado no funil de Clark e Wheelwright (1993) – na tentativa de reunir as perspectivas de estudos anteriores em um modelo denominado: modelo unificado do processo de desenvolvimento de produtos. O modelo separado em três macro-fases (pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento) é voltado principalmente para empresas de manufatura de bens de consumo duráveis e de capital e envolve as seguintes áreas de conhecimento: gestão de projetos, meio ambiente, marketing, engenharia de produto, engenharia de processo, produção, suprimentos, qualidade e custos. Cada uma dessas áreas desenvolve um papel no modelo proposto.

Quadro 2 - Atividades por área de conhecimento

Área de conhecimento	Atividades típicas
Gestão de projetos	Definição de escopo, tempos, recursos humanos (qualificação e controle de atividades).
Meio ambiente	Sustentabilidade, reuso, remanufatura, reciclagem, reutilização de material, descarte.
Marketing	Relacionamento com o mercado (levantamento de necessidades, inserção e avaliação dos produtos no mercado e vigilância tecnológica).
Engenharia de produto	Soluções de estilo, de material, funcionais, estruturais, de comportamento do produto, integração de tecnologia, etc.
Engenharia de processo	Processos e operações de fabricação e montagem, especificação e projeto de recursos de manufatura.
Produção	Atividades que consideram a manufatura dos produtos em desenvolvimento.
Suprimentos	Envolve as atividades de relacionamento com parceiros, fornecedores, clientes da cadeia de suprimentos e o projeto da logística para viabilizar a produção.
Qualidade	Gestão constante dos requisitos dos produtos, acompanhamento dos processos de negócio resultantes do desenvolvimento e a qualidade dos produtos no mercado após seu lançamento.
Custos	Definições de preços e custo-alvo, elaboração do orçamento, estudos de viabilidade e o monitoramento constante dessas informações.

FONTE: ROZENFELD *et al.*, 2006, p. 87.

No modelo unificado de Rozenfeld *et al.* (2006) a macro-fase de pré-desenvolvimento se inicia com a definição do projeto de desenvolvimento que considera a estratégia da empresa e da unidade de negócios, os recursos e conhecimentos a disposição da organização, as informações sobre os clientes, tendências tecnológicas e mercadológicas. Esta fase termina com a elaboração de um portfólio de projetos e produtos, financeiramente e tecnicamente, viável. Após esta fase, inicia-se a macro-fase de desenvolvimento com a elaboração das especificações do produto, no chamado projeto informacional. Na fase seguinte, projeto conceitual, a equipe de projeto se envolve em atividades de busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema(s) do projeto, envolvendo inclusive, a definição de parcerias de co-desenvolvimento. Após o alcance dos objetivos desta fase, o projeto detalhado desenvolve e finaliza as especificações do produto para a produção e para as fases seguintes

do desenvolvimento. Esse detalhamento envolve o sistema, subsistemas e componentes. As duas últimas etapas do desenvolvimento compreendem a preparação para o lançamento do produto e o lançamento em si envolvendo, deste modo, a cadeia de suprimentos. A preparação tem por objetivo a produção de lotes piloto, o desenvolvimento do processo de produção, o suprimento com os fornecedores e a homologação do processo. O lançamento do produto envolve os canais de distribuição, os processos de venda, campanhas de marketing, atendimento ao cliente e assistência técnica. A última macro-fase do modelo, o pós-desenvolvimento, envolve o acompanhamento do produto e processo com o objetivo de identificar necessidade e/ou oportunidades de melhoria, e a descontinuidade do produto no mercado encerrando assim seu ciclo de vida.

2.4 Os fatores relacionados ao sucesso do desenvolvimento de novos produtos

A variedade de abordagens não é exclusividade dos trabalhos sobre o processo de DNP. Muitos estudos se dedicaram a investigar os motivos relacionados ao sucesso desta atividade. Para Clark e Fujimoto (1991) o desempenho do DNP é medido pelo tempo, produtividade e qualidade. O tempo é o total de meses entre o início do desenvolvimento até o lançamento do primeiro modelo. A produtividade é medida pelo total de horas empregadas no projeto pelos engenheiros, técnicos e pessoal administrativo e a qualidade é mensurada por meio de vários indicadores e representa a satisfação do cliente gerada pela experiência com o produto, bem como, o aumento da participação no mercado no longo prazo.

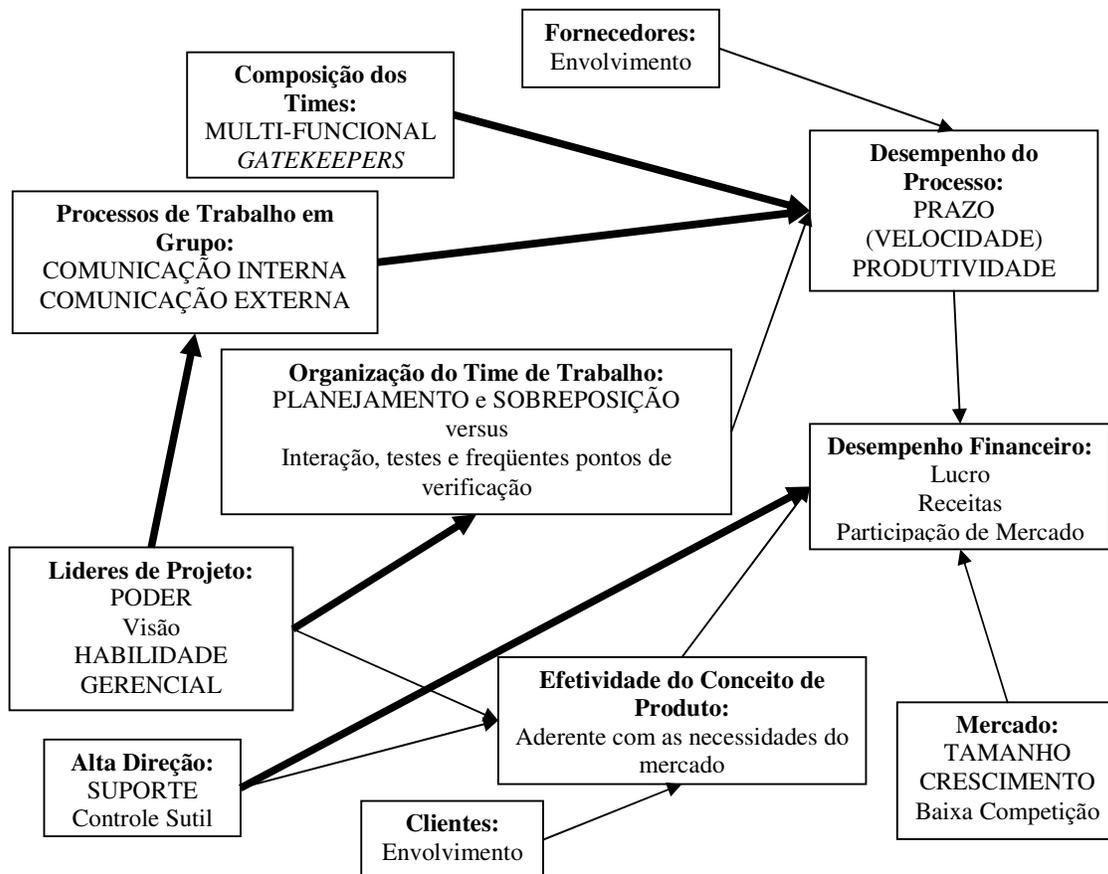
Brown e Eisenhardt (1995) estudaram os fatores que contribuem para o sucesso do DNP, agrupando os estudos na área em três correntes: plano racional, rede de comunicações e solução disciplinada de problemas.

O plano racional tem como foco de pesquisa correlacionar variáveis independentes com o sucesso financeiro do projeto de DNP que segue um plano bem definido para aprovação da alta direção. O sucesso estaria atrelado à organização interna, um mercado alvo bem definido, especificação e conceito do produto claros, bem como, acesso a informações (estimativas) técnicas e de mercado. Além do resultado financeiro, foram investigados por esta linha de pesquisa, os fatores que retardam ou aceleram o DNP. A organização interna, o envolvimento inter funcional, de clientes e fornecedores nos primeiros estágios do projeto de

desenvolvimento, o suporte visível da alta direção, a disponibilidade de recursos e o trabalho em equipe foram apontados como os fatores que imprimem velocidade ao DNP.

A segunda linha de pesquisa identificada, a rede de comunicações, enfatiza uma única variável, a comunicação, para entender o desempenho do DNP sob a perspectiva da caixa preta (*black box*) formada pelo time de projeto. Essa linha trata da interação entre os membros da equipe e de sua capacidade de trocar informações com fontes externas, por meio da mediação de agentes denominados *gatekeepers* (KATZ; TUSHMAN, 1981 *apud* BROWN; EISENHARDT, 1995). A comunicação externa é tida como crítica para o sucesso do DNP, entretanto, as diferentes interpretações para uma mesma informação, resultantes dos diversos interesses departamentais e experiências dos envolvidos no DNP, podem levar um projeto ao fracasso. A falta dessa visão única, sobre o produto e seus atributos, pode ser combatida pela coordenação de um fluxo constante de informações, experiências concretas vividas pelo time e a violação de rotinas como as relações usuais e a própria divisão de tarefas.

A solução disciplinada de problemas considera o sucesso do DNP – expresso pela rapidez do desenvolvimento e a qualidade do produto – como a combinação da autonomia do time de projetos na solução de problemas, o papel efetivo da liderança do projeto, uma direção forte e uma visão abrangente do produto. Entre as práticas identificadas, o uso de fornecedores é apontado como eficiente, pois imprime rapidez ao processo de desenvolvimento e a composição dos times de projeto, com membros de diferentes formações e especializações, faz com que informações diversificadas sejam compartilhadas. A liderança, além de instilar a visão do produto, deve balancear os esforços necessários para o desenvolvimento e a autonomia para o time.



Obs.: letras maiúsculas e setas em negrito indicam evidências robustas

Ilustração 11 - Fatores que afetam o sucesso no desenvolvimento de novos produtos.

FONTE: BROWN e EISENHARDT, 1995, p. 346.

Outra revisão que contribui para o tema é a de Hart (1995), onde são apresentados seis fatores para que o DNP tenha sucesso: estrutura organizacional (flexível, participativa e informal); administração (apoio do alto escalão para as atividades chaves); informação (importante para a redução da incerteza); estratégia (orienta a organização em sua operação interna e como deve abordar o ambiente externo a ela); pessoas (relacionamento, coordenação funcional e o *product champion*); processo (fases do desenvolvimento envolvendo os domínios de marketing, gestão, *design* e engenharia).

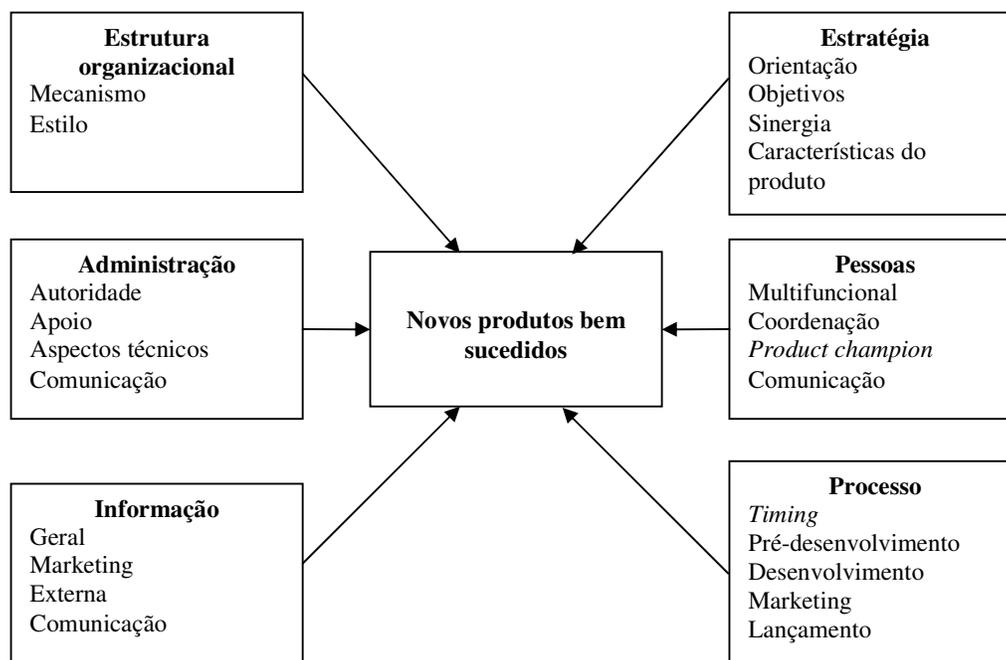


Ilustração 12 - Fatores de sucesso em DNP.

FONTE: HART, 1995, p. 17.

Ernst (2002) propõe cinco variáveis que influenciam o sucesso do DNP: (1) processo; (2) organização; (3) cultura; (4) o papel e comprometimento da alta direção; (5) a estratégia do DNP. O **processo** envolve uma seleção criteriosa de novas ideias, o desenvolvimento e o lançamento do produto com constante monitoramento do mercado durante as fases do projeto analisando a viabilidade comercial do produto. A **organização** pode desenvolver novos produtos com sucesso nomeando times inter-funcionais responsáveis por todo o projeto, um líder peso pesado (aquele que concentra maior poder na organização do projeto) e incentivando a comunicação entre os membros do time durante o DNP. A construção de um ambiente empreendedor é o aspecto observado nos estudos que tratam dos **fatores culturais** que influenciam o DNP. Entre os aspectos analisados estão, também, a possibilidade dos empregados utilizarem parte do seu horário de trabalho para projetos particulares, o apoio para o desenvolvimento de ideias abandonadas pela companhia e mecanismos internos para o acesso a financiamento de novos projetos e/ou ideias criativas. A **alta direção** pode expressar seu incentivo por meio do apoio financeiro e não-financeiro aos projetos de DNP, porém, nem sempre os indivíduos que promovem o projeto (*project/product champion*) são exatamente da direção da companhia. Com relação à **estratégia**, poucos estudos foram reportados. Ernst identificou a necessidade da organização definir e comunicar a todos os seus integrantes, os objetivos e metas estabelecidas pela organização, bem como, a definição de áreas e o foco

estratégico da companhia para direcionar o DNP, além da manutenção do investimento de longo prazo. Ernst (2002) conclui que a existência de um processo, seja ele formal ou informal, para o DNP, estabelece as bases para o sucesso do projeto.

2.5 Síntese

A proposta desta revisão estava centrada nas definições de inovação e DNP, na análise dos tipos de inovação existentes, na caracterização do processo de DNP (materialização da inovação) e os fatores que determinam o sucesso de um projeto de inovação. Como resultado pode-se destacar três pontos básicos: (1) a impossibilidade de classificar a inovação e sua evolução sob a ótica de um único modelo; (2) o processo de DNP é complexo e multifuncional e sua compreensão passa por diferentes formas de conhecimento; (3) não há referência explícita sobre o conhecimento como ferramenta para o sucesso de um projeto de DNP.

Seguramente, a variedade de abordagens teóricas indica a complexidade do processo de DNP nas organizações. Constatou-se nesta breve revisão, a impossibilidade de entendê-lo sob a ótica de um único modelo, mesmo considerando a evolução da pesquisa nesta área. O mesmo se observou com relação à caracterização da inovação e os fatores relacionados ao seu sucesso comercial.

Para investigar o processo de aprendizagem no desenvolvimento de produtos, este trabalho tem como abordagem a gestão de operações, que entende o produto como fases de um processo de desenvolvimento e/ou produção (KRISHNAN; ULRICH, 2001). Nesse sentido, a pesquisa se desenvolve nas macro-fases propostas por Rozenfeld *et al.* (2006): pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento. Essas fases se caracterizam pela necessidade de diferentes tipos de conhecimento, contextualizados para o enfrentamento dos problemas que se apresentam em cada uma delas. A definição de marcos que as definem, auxiliam também a análise que se propõe neste estudo.

Os trabalhos sobre o sucesso do DNP não abordam com precisão a importância do conhecimento. Entre outros fatores, Brown e Eisenhardt (1995) apresentaram a importância do *gatekeeper* e do envolvimento de clientes e fornecedores, Hart (1995) deu destaque para as pessoas e a informação e Ernst (2002) tratou do processo e de fatores culturais. Todos

carregam implicitamente o conceito de conhecimento e aprendizagem, mas o tema precisa ser estudado com maior profundidade.

3 CONHECIMENTO ORGANIZACIONAL

Este capítulo apresenta a revisão da literatura sobre conhecimento organizacional. Em sua primeira parte define o conceito de conhecimento, bem como, sua diferenciação com relação à conceitos correlatos (dado e informação). O capítulo também abordará os principais constructos relacionados ao tema, entre eles, aprendizagem organizacional, o fluxo do conhecimento, no contexto de uma organização multinacional, e os facilitadores desse fluxo. A parte final do capítulo será dedicada a discutir os principais pontos desta revisão, que ajudaram a construir o referencial teórico desta pesquisa.

3.1 Dado, informação e conhecimento

A literatura acerca do significado do conhecimento, aprendizagem e de temas a eles relacionados (dado e informação) é muito ampla. Embora se admita a ausência de consenso com relação às definições ou a ideia de uma hierarquia rígida entre dado, informação e conhecimento (TUOMI, 1999; ZINS, 2007), não haveria espaço neste trabalho para o detalhamento dessa discussão. Para os objetivos propostos nesta dissertação assume-se que o conhecimento é o resultado de um processo de aprendizagem (FLEURY; OLIVEIRA JR, 2001) e, devido a sua abrangência e complexidade, se diferencia dos conceitos de dado e informação. A construção do conhecimento e aprendizagem são, portanto termos sinônimos.

Para Davenport e Prusak (1998) dados “são um conjunto de fatos distintos e objetivos, relativos a eventos”. Em uma organização os dados são “registros estruturados de transações”. A informação está organizada para alguma finalidade, tem significado e é descrita como “uma mensagem, geralmente na forma de um documento ou uma comunicação audível e visível”. O conhecimento está não só nos documentos ou repositórios, mas em rotinas, processos, práticas e normas organizacionais e por isso é definido como uma “mistura fluida de experiência condensada, valores, informação contextual e *insight* experimentado, a qual proporciona uma estrutura para avaliação e incorporação de novas experiências e informações”. Também no contexto empresarial, para Nonaka e Takeuchi (2008) o conhecimento é visto como o “processo humano dinâmico de justificar a crença pessoal com relação à verdade”.

As definições apresentadas para o conhecimento são, acima de tudo, corajosas. Diversos autores têm tangenciado o desafio limitando-se a propor classificações que revelam a natureza do conhecimento (NAKANO; FLEURY, 2005). A seção seguinte abordará esse tema.

3.2 Classificações do conhecimento organizacional

O conhecimento organizacional pode ser classificado a partir de duas dimensões: a epistemológica e a ontológica (NONAKA; TAKEUCHI, 2008).

A dimensão epistemológica contém uma das mais populares classificações do conhecimento (NAKANO; FLEURY, 2005) construída a partir do trabalho de Polanyi (1966 *apud* NONAKA; TAKEUCHI, 2008) que separa o conhecimento em duas entidades complementares que se relacionam: tácito e explícito. De modo similar, Lynn e Akgün (2000) classificam o conhecimento em procedural e declarativo e Grant (1996) em “saber como” (*knowing how*) e “saber sobre” (*knowing about*).

O conhecimento tácito (assim como o procedural e o “saber como”) é o conhecimento subjetivo, possui uma dimensão cognitiva que consiste em modelos mentais, crenças, perspectivas, que de tão internalizadas, passam a ser percebidas como naturais (NONAKA, 1991). Esse conhecimento é construído pela experiência, pertence ao indivíduo e não está registrado e por esse motivo não é divulgado de modo sistematizado e é difícil articulação em palavras (LYNN; AKGÜN, 2000). De acordo com von Krogh, Ichijo e Nonaka (2001) o conhecimento tácito é a “fonte mais importante de inovação, contudo, é freqüentemente subutilizado nas empresas”.

O conhecimento explícito, do mesmo modo o declarativo e “saber sobre”, é o conhecimento materializado, isto é, registrado em manuais, vídeos, gravações, etc, podendo, desse modo, ser compartilhado com relativa facilidade. É representado por objetivos, regras, sentimentos e palavras (LYNN; AKGÜN, 2000).

Quadro 3 - Classificações do conhecimento organizacional.

	Conhecimento Tácito	Conhecimento Explícito
Sinônimos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ “Saber como” (<i>know how, knowing how</i>) ▪ Conhecimento procedural 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informação ▪ “Saber sobre” (<i>knowing about</i>) ▪ Conhecimento declarativo
Formas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cognitivo ▪ Incorporado a habilidades ▪ Incorporado a produtos e serviços ▪ Emotivo ▪ Sócio-cultural ▪ Semântico ▪ Sagaz 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cognitivo ▪ Incorporado a habilidades ▪ Incorporado a produtos e serviços
Componentes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consciente ▪ Automático ▪ Coletivo 	

Fonte: NAKANO; FLEURY, 2005, p. 14

A dimensão ontológica define os diferentes níveis onde o conhecimento se manifesta. Não há dúvida que novos conhecimentos se originam nas pessoas (NONAKA, 1991), mas embora as pessoas entrem e saiam das empresas, não necessariamente o que elas aprendem é levado (DAFT; WEICK, 1984). Parte desse aprendizado fica impregnado e incorporado aos sistemas físicos da organização como banco de dados, máquinas, sistemas, estruturas, estratégias, rotinas e práticas organizacionais (CROSSAN; LANE; WHITE, 1999; LEONARD-BARTON, 1998). Assim, o conhecimento originado no indivíduo é difundido para o grupo e depois para a organização. Hedlund (1994) e Nonaka e Takeuchi (2008) acrescentam mais um nível aos três anteriores, entendendo que com a dinâmica dos negócios com a formação de redes de empresas em cadeias de suprimentos e com a necessidade de formatar alianças e parcerias, o conhecimento ultrapassa as fronteiras da empresa para se manifestar como um conhecimento interorganizacional.

3.3 Aprendizagem e conhecimento organizacional

Embora a compreensão sobre as consequências do aprendizado para as organizações esteja consolidada, não há um consenso claro sobre como ele é operacionalizado e disseminado na organização (LYNN; AKGÜN, 2000). Diversas correntes teóricas têm surgido para explicar esse fenômeno, mas dada a complexidade e estrutura dinâmica do conhecimento, sequer foi possível estabelecer consenso quanto à forma de classificar e categorizar as diversas abordagens. Essa diversidade se estende, também, ao corpo teórico dos estudos sobre

aprendizagem organizacional. Segundo Easterby-Smith (1997) ele é formado por diferentes disciplinas como: psicologia, desenvolvimento, cultura e teoria organizacional, gestão da informação, sociologia, gestão de operações e estratégia. Se por um lado, essa diversidade impossibilita a construção de uma teoria condensada sobre o tema (EASTERBY-SMITH, 1997), por outro, permite uma maior compreensão sobre a importância do conhecimento nas organizações (LYNN; AKGÜN, 2000).

Lynn e Akgün (2000) apresentam cinco escolas de pensamento (níveis de aprendizado organizacional; coleta e análise de informações; perspectivas psicológicas e culturais; estratégia; criação do conhecimento) que estudam a aprendizagem organizacional, enquanto Hargadon e Fanelli (2002) dividiram as linhas de pesquisa em duas grandes correntes: uma que aborda as qualidades empíricas do conhecimento pregando a sua existência nos artefatos físicos e sociais das organizações (tecnologias, rotinas, procedimentos, banco de dados) e a outra defendendo as qualidades emergentes e latentes do conhecimento que o conceitua como a possibilidade de gerar novos artefatos organizacionais. Já Dyck *et al.* (2005) relatam a existência de três perspectivas sobre aprendizagem organizacional. A primeira perspectiva classificada de cognitiva defende a ideia que apenas as pessoas podem aprender sendo a expressão “aprendizagem organizacional” a definição para o aprendizado de indivíduos no contexto organizacional. No outro extremo, outra linha entende a expressão “aprendizagem organizacional” literalmente, defendendo que a organização é uma entidade que pode aprender numa base coletiva. Por fim, uma terceira perspectiva busca integrar as duas anteriores entendendo que o aprendizado organizacional tem início no indivíduo, mas pode ser melhorado e preservado pelos processos organizacionais.

Uma interessante abordagem para a organização da literatura sobre aprendizagem organizacional é apresentada por Nakano e Fleury (2005). Neste trabalho, as diferentes correntes de pesquisa são divididas de acordo com sua perspectiva sobre a natureza do conhecimento e ao seu propósito. As perspectivas são classificadas em cognitiva (coleta e interpretação de informações para a resolução de problemas) e construtivista (conhecimento construído nas interações entre o indivíduo e o meio que o circunda e entre indivíduos e grupos). Com relação ao propósito, duas dimensões são destacadas. A dimensão de caráter prescritivo que preconiza ações e princípios para modificar a organização e a de caráter analítico que tem como objetivo a elaboração de conceitos e constructos, que permitam a descrição, análise e compreensão de como se processa a aprendizagem organizacional.

Uma breve descrição histórica, pontuada pelas principais referências sobre aprendizagem organizacional (CROSSAN; GUATTO, 1996), sugere uma evolução gradual do conceito que passou pelo atrito em torno do aprendizado versus adaptação até o estudo da transformação do conhecimento entre diferentes níveis de análise – indivíduo, grupo, organização – com a ênfase recaindo, atualmente, sobre esse último (EASTERBY-SMITH; CROSSAN; NICOLINI, 2000).

Para Cyert e March (1963) a aprendizagem organizacional estava contida nos procedimentos operacionais e moldava o comportamento adaptativo das organizações ao longo do tempo. Cangeloni e Dill (1965) definem a aprendizagem organizacional como uma série de interações entre adaptação no nível individual, ou de subgrupo, e adaptação no nível organizacional. Esta adaptação é resultado da acomodação dos agentes em relação às pressões a que são submetidos. Indivíduo e subgrupos se adaptam ao *stress* gerado pela complexidade e incerteza do ambiente (*discomfort stress*) e pela pressão por resultados (*performance stress*). A organização sofre os efeitos desse último *stress* e a pressão gerada pelo aumento das divergências e conflitos, isto é, no modo como cada indivíduo e subgrupo se comportam (*disjunctive stress*).

Argyris e Schön (1978) introduziram a ideia de aprendizagem como um processo iterativo, centrado no indivíduo, do tipo “tentativa e erro”, definido como um “processo pelo qual os membros organizacionais detectam erros ou anomalias e os corrigem ao reestruturar a teoria em uso da organização”. Três processos emergiram desse conceito: a aprendizagem de circuito simples (*single-loop learning*), a de circuito duplo (*double-loop learning*) e a *deutero learning*. O aprendizado *single-loop* permite que se detecte e corrija erros sem que haja a alteração do conjunto de normas operacionais e políticas em vigor na organização. O *double-loop learning*, por sua vez, engloba o conceito do aprendizado anterior, porém aciona o questionamento quanto às normas, políticas, valores, e objetivos pré-definidos da organização, gerando mudanças no processo mental. O *deutero learning* envolve processos mentais mais elaborados, quando o indivíduo desenvolve sua própria maneira de aprender, passando a tirar lições de suas experiências. Desse modo, deixa de simplesmente reagir a eventos e aprende a aprender.

A interação da empresa com o ambiente e a necessidade de interpretá-lo é a essência da proposta de Daft e Weick (1984). Para os autores o aprendizado decorre da tomada de ação

que resulta da captação dos dados de mercado (*scanning*) seguido da sua interpretação, quando percepções são compartilhadas e mapas cognitivos são construídos e os dados passam a ter significado. A organização é vista, portanto, como um sistema de interpretação do ambiente.

Fiol e Lyles (1985) definem aprendizagem organizacional como “o processo de aperfeiçoar ações por meio de melhor conhecimento e compreensão” (p. 803) e fazem distinção entre o aprendizado, que envolve mudanças cognitivas e adaptação, que promove mudanças comportamentais. Dois níveis de aprendizado são propostos: o de nível baixo e o de nível alto. O primeiro deriva da repetição de rotinas e resulta em procedimentos operacionais. A partir dele são criados procedimentos operacionais padronizados e sistemas gerenciais que “lidam com situações repetitivas e imutáveis”. O segundo (nível alto) envolve a criação de novos esquemas organizacionais fruto de novos modelos de referência, sistema de crenças, memória, valores e normas, bem como a “desaprendizagem de programas anteriores bem-sucedidos” (LYLES, 2001). O aprendizado organizacional se dá pelo aprendizado dos seus membros, mas pode ser definido como sinérgico, pois ele é maior do que a soma dos conhecimentos individuais. A organização também possui mecanismos que permitem a ela transmitir o conhecimento entre seus membros, habilitando-a a resistir à saída de funcionários e lideranças, graças à preservação de seu comportamento, normas e valores ao longo do tempo (FIOL; LYLES, 1985).

Para Levitt e March (1988) as rotinas interpretadas por formas, regras, procedimentos, convenções, estratégias e tecnologias, incorporam as lições vivenciadas e são o meio de transmissão do conhecimento para toda a organização. Por sua vez, as organizações aprendem a partir de suas próprias experiências, da experiência de terceiros e da maneira como as organizações interpretam suas experiências. Huber (1991) argumenta que a organização aprende quando seus componentes reconhecem a utilidade de um novo conhecimento. O processo de aprendizagem passa por quatro etapas compostas pela aquisição do conhecimento, pela sua distribuição, a interpretação da informação e o armazenamento desta informação (*organizational memory*). A aquisição do conhecimento é por si só, um processo amplo e complexo e pode ser subdividido no conhecimento que já nasce com a própria empresa por meio de seu(s) fundador(es), no adquirido pela experiência vivenciada pela organização, na experiência adquirida de outros, na contratação de funcionários e/ou incorporação de empresas que detém o conhecimento que a empresa quer ou precisa adquirir

e na procura sistemática de conhecimento. March (1991) destacou em seu trabalho o papel das antigas certezas ou o conhecimento existente (*exploitation*) versus a exploração de novas possibilidades ou novo conhecimento (*exploration*) analisando que a adoção do primeiro, como foco de atuação, pode se traduzir em vantagens de curto prazo, mas tendem a minar a capacidade da empresa de produzir bons resultados a longo prazo.

Algumas propostas procuraram se diferenciar do conceito de aprendizagem organizacional forjando uma nova denominação: as organizações de aprendizagem. Para Easterby-Smith, Crossan e Nicolini (2000), embora alguns trabalhos tenham se ocupando em diferenciar os dois termos, o que parece é que há consenso sobre a equivalência de ambos. Popular na década de 1990, o livro a “Quinta Disciplina” de Peter Senge (SENGE, 1990), introduz a nova abordagem, apresentando um processo de cinco etapas classificadas por ele como disciplinas, capazes de orientar a empresa para o aprendizado contínuo (sistêmico): (1) o pensamento sistêmico integra os demais e ajuda a organização e seus membros a entender o ambiente como um todo e não como peças isoladas; (2) o domínio pessoal desenvolve a visão e a paciência dos integrantes da organização levando-os a observar a realidade objetivamente; (3) os modelos mentais possibilitam que os conhecimentos tácitos possam vir à tona, para que os indivíduos tenham consciência de que alguns de seus pensamentos arraigados e paradigmas podem interferir negativamente em suas ações; (4) a visão compartilhada permite que os indivíduos tenham seus esforços direcionados pelo foco dado pela estratégia, exige o comprometimento dos membros da organização; (5) a aprendizagem em equipe destaca a unidade sob a qual ocorre a aprendizagem. Embora tenha início no indivíduo, é o grupo que produz resultados organizacionais com base no conhecimento. Esta disciplina se origina na visão compartilhada.

Garvin (1993) também adota o conceito de organização de aprendizagem como postura teórica apontando a falta da “aspereza dos detalhes práticos” à literatura sobre aprendizagem organizacional. Para preencher esta lacuna, Garvin apresenta uma abordagem denominada “três Ms”, das iniciais em inglês *meaning* (significado), *management* (gestão) e *measurement* (mensuração), que segundo ele, são itens que continuam sem solução, mas que são essenciais para a organização de fato aprender. Em primeiro lugar, defende a formatação de uma definição clara (*meaning*) sobre aprendizagem e em uma tentativa de organizar as diversas definições da literatura, propõe que a organização que aprende é “a que dispõe de habilidades para criar, adquirir e transferir conhecimentos, e é capaz de modificar seu comportamento, de

modo a refletir os novos conhecimentos e ideias”. Desse modo, a organização deve refletir as lições aprendidas em seus métodos de trabalho, convertendo os novos conhecimentos em novas formas de comportamento. Para atingir esse objetivo, as organizações devem gerenciar ativamente o processo de aprendizagem (*management*) tornando-se hábeis em cinco atividades: solução de problemas de modo sistemático, experimentação de novas abordagens, aprendizado com as próprias experiências e antecedentes, aprendizado com a experiência e melhores práticas alheias, e transferência de conhecimentos rápida e eficientemente em toda a organização. Para assegurar os resultados, Garvin entende que o aprendizado organizacional pode ser rastreado ao longo de três estágios sobrepostos (*measurement*). No primeiro estágio a organização vai se preocupar se a exposição a novas ideias estão ampliando os conhecimentos e a maneira de pensar de seus funcionários. Questionário e entrevistas são sugeridos com esse objetivo. Na segunda fase, a observação direta seria o instrumento para comprovar se o novo conhecimento internalizado se reflete na alteração de comportamentos. Na última fase, a auditoria da aprendizagem utilizaria indicadores para avaliar se a mudança no comportamento acarretou em melhorias em resultados quantificáveis como: qualidade superior, melhoria na entrega, aumento na participação de mercado, etc. Ainda segundo Garvin, os resultados só serão observados com o tempo, não se constrói uma organização que aprende da noite para o dia e o primeiro passo para sua concretização está na criação de um ambiente propício ao aprendizado.

Outro ciclo de cinco etapas de criação do conhecimento organizacional também é proposto por Tan (2000) que o descreve com a: (1) identificação de ativos do conhecimento, (2) criação, (3) armazenamento, (4) compartilhamento e disseminação, (5) recuperação do conhecimento. O objetivo desse ciclo é prover valor ao cliente pela otimização do uso do conhecimento. Na primeira etapa, a organização irá determinar quais os conhecimentos são importantes, mapeando os conhecimentos existentes na empresa. Na segunda etapa, o conhecimento é criado, seja com projetos de consultoria ou quando grupos de pesquisa buscam antecipar tendências ou durante sessões de planejamento e *brainstorm*. Conhecimentos externos à empresa também podem ser incorporados por meio de *knowledge scouts*. Na etapa seguinte, o conhecimento criado é documentado e incorporado pela organização, principalmente com a utilização de tecnologia da informação (TI). O conhecimento é então disseminado para grupos, previamente identificados, que estão interessados em alguma área específica. O conhecimento também pode ser resgatado com a utilização de ferramentas de TI.

O entendimento do conhecimento como tácito e explícito entre os diversos níveis organizacionais, encontrou respaldo em autores como Crossan, Lane e White (1999), Hedlund (1994) e Nonaka e Takeuchi (2008). Para eles, o conhecimento é criado pela contínua transformação entre os dois tipos de conhecimentos, partindo do indivíduo até atingir a organização.

Crossan, Lane e White (1999) examinaram o conhecimento como o principal mecanismo para a renovação estratégica de uma organização. Para isso, entendem que o aprendizado organizacional envolve a tensão entre o novo conhecimento assimilado e o já adquirido entre os diversos níveis da organização: indivíduo, grupo e a organização. Para tal propósito, os três níveis organizacionais estão interligados com processos psicológicos e sociais definidos como os 4Is: *intuiting* (intuição), *interpreting* (interpretação), *integrating* (integração) e *institutionalizing* (institucionalização). Os dois primeiros ocorrem no nível individual, a integração, no nível dos grupos de trabalho e o último, no nível organizacional. A intuição é o processo de reconhecimento de padrões e/ou possibilidades em ações passadas, baseia-se na experiência e dá início ao processo de aprendizagem. A interpretação é a explicação, por meio de palavras e/ou ações, de percepções ou ideias de um para os outros. A integração promove o entendimento compartilhado entre indivíduos para a tomada de ação conjunta. A institucionalização garante que as ações rotinizadas ocorram incorporando o conhecimento individual (tácito) nas estruturas, sistemas e procedimentos organizacionais (explícito).

Hedlund (1994) trata seu modelo como um fluxo entre duas formas de conhecimento (articulado e tácito) entre quatro níveis organizacionais: individual, grupo, organizacional e interorganizacional. Os processos envolvidos em sua análise são: articulação (quando o conhecimento tácito se torna articulado); internalização (quando o conhecimento articulado se torna tácito); extensão (a transferência do conhecimento individual para os demais níveis com especial ênfase ao organizacional); apropriação (o sentido inverso ao do processo de extensão); assimilação (envolve conhecimentos tácitos e articulados adquiridos do ambiente pelos níveis organizacionais); e disseminação (processo inverso a assimilação).

Para Nonaka e Takeuchi (2008) a troca entre os conhecimentos se dá por meio de quatro dimensões: socialização – conhecimento compartilhado (conhecimento transmitido entre pessoas); externalização – conhecimento conceitual (documentação dos conhecimentos); internalização – conhecimento operacional (estudo dos documentos); e combinação –

conhecimento sistêmico (agrupamento dos documentos). Silva (2002) destaca que a socialização ocorre com freqüente diálogo, conversas livres e comunicação pessoal (face-a-face). Também são utilizadas ações como *brainstorms*, *insights*, relações do tipo mestre e aprendiz envolvendo observação, imitação e prática, compartilhamento de experiências, observações, modelos via trabalho em equipe. A externalização surge com a utilização da linguagem figurada convertendo conceitos subjetivos em representações simbólicas com a utilização de metáforas, analogias, deduções e induções. Relatos orais e filmes, além da descrição do conhecimento tácito em planilhas, textos, imagens, figuras, etc. A produção de livros, relatórios e portais na internet são estratégias para essa conversão do conhecimento. A combinação ocorre com o agrupamento e processamento de diferentes conhecimentos explícitos. A tecnologia da informação é muito empregada nesse processo com o uso/criação de banco de dados, redes como intranet e *softwares* como CRM (*customer relationship management*). Outros mecanismos empregados são a padronização por meio de documentos, conversas telefônicas, reuniões e educação (formais), troca de relatórios e documentos, Já a internalização acontece quando indivíduos se dedicam a leitura, estudo e a reinterpretção e re-experimentação de vivências e práticas (*learning by doing*), além de experiências com simulações, jogos e representações de papéis.

Quadro 4 - Dimensões do conhecimento

		Tácito PARA Explícito	
Explícito DE Tácito	Socialização (conhecimento compartilhado) Ver, manusear, perguntar, perceber Experiências, habilidades, vínculos interpessoais, confiança.	Externalização (conhecimento conceitual) Escrever, falar, desenhar Imagens, desenhos, modelos, esquemas que representam conceitos e arquiteturas.	
	Internalização (conhecimento operacional) Ler, ouvir, assistir Know-how em atividades diárias, cultura e rotinas organizacionais.	Combinação (conhecimento sistêmico) Agrupar, combinar Documentação, base de dados, licenças, patentes.	

FONTE: Construído a partir de NONAKA; TAKEUCHI, 2008; SILVA; ROZENFELD, 2003; STEFANOVITZ, 2006.

Para Nonaka e Takeuchi (2008) o processo de criação de conhecimento é composto de cinco fases ligadas conceitualmente às dimensões anteriormente apresentadas: (1)

compartilhamento do conhecimento tácito; (2) criação de conceitos; (3) justificação dos conceitos; (4) construção de arquétipo; e (5) difusão interativa do conhecimento.

Na primeira fase, o conhecimento tácito presente nos indivíduos é difundido na organização, como a transformação proposta pela socialização. Na segunda fase, esse conhecimento tácito permeado na organização é convertido em conhecimento explícito (externalização), por meio, por exemplo, da criação de um novo conceito. Esta ideia ou conceito passa por um processo de aprovação na organização, quando se verifica a possibilidade ou interesse em seguir em frente com ele. Esta terceira fase se assemelha ao processo de internalização. Na quarta fase, se o conceito for aprovado, ele se transforma em um arquétipo, no caso de um projeto de desenvolvimento de produtos surge um protótipo. Na quinta fase, o conhecimento é disseminado para os demais membros ligados ao processo como pessoas da mesma divisão, de outras divisões e agentes externos, como universidades, clientes, empresas afiliadas, etc.

3.4 Fluxo do conhecimento e seus facilitadores

O desenvolvimento de novos produtos é resultado da fusão de conhecimentos novos e existentes, envolvendo a tecnologia a ser empregada e o conhecimento sobre o mercado (IANSITI, 1995) sendo que o desempenho da inovação de produtos é também dependente da capacidade da organização processar e utilizar o conhecimento originário de fontes externas (COHEN; LEVINTHAL, 1990).

O processo de criação de conhecimento em uma companhia multinacional era identificado como um processo linear, definido como transferência de tecnologia, quando o conhecimento era gerado pela matriz (transmissor) e depois difundido para as subsidiárias (receptor) ao redor do mundo na forma de novos produtos e processos (LEONARD-BARTON, 1998). Com a emergente importância do conhecimento e da globalização, a aprendizagem organizacional, nesse contexto, passou a ser abordada de modo mais holístico. O aprendizado resulta de diferentes fluxos de conhecimento originados na rede da organização (matriz e demais subsidiárias) e nas parcerias acertadas (clientes, fornecedores, universidades, etc.) no país receptor (ALMEIDA; PHENE, 2004; ZHANG, 2006) influenciado por diversos fatores como, por exemplo, culturais, econômicos e governamentais (DUNNING, 1994; HOLTBRÜGGE; BERG, 2004).

Já o conhecimento existente na organização está atrelado aos mecanismos envolvidos em sua retenção. Aoshima (2002) analisou dois desses mecanismos. O primeiro, relacionado com a capacidade do indivíduo em armazenar parte do conhecimento de desenvolvimentos passados (conhecimento tácito). Para acessá-lo, a organização integra esses indivíduos nas equipes de novos projetos para o conhecimento possa ser compartilhado entre as novas gerações. A outra forma de reter o conhecimento está ligada aos registros dos projetos, na forma de relatórios escritos ou arquivos eletrônicos contendo as experiências passadas (conhecimento explícito). Diferentemente da primeira forma, esta segunda retém o conhecimento na organização, mesmo que o funcionário deixe a companhia.

O conhecimento aplicado em P&D também foi estudado por Parikh (2001) que o classificou como originado em duas fontes (internas e externas) e duas maneiras distintas (conhecimento tácito e explícito).

Quadro 5 - Fontes de conhecimento em P&D

	Interna	Externa
Conhecimento Tácito	Experiência acumulada <i>Insights/intuições</i> Formação acadêmica e cultural dos indivíduos Relações intraorganizacionais Regras práticas não documentadas Histórias e estórias Técnica apurada Especialistas/Pesquisadores	Especialistas/Consultores da área Melhores práticas Relacionamentos interorganizacionais Consumidores/clientes Pesquisadores acadêmicos Outras instituições de pesquisa
Conhecimento Explícito	Bancos de dados da organização Sistemas de informação Arquivos Procedimentos operacionais padronizados Atas de reunião <i>Designs</i> e protótipos Manuais de produtos Patentes	Publicações Bancos de dados externos Benchmarking Patentes externas Manuais e produtos de concorrentes Artigos acadêmicos Manuais de especificação e <i>design</i> Normas industriais Normas regulatórias

FONTE: PARIKH, 2001, p. 29.

Holtbrügg e Berg (2004), em seu trabalho junto a multinacionais de origem alemã, constataram evidências da transferência de conhecimentos, tácito e explícito, entre a matriz e suas subsidiárias. Para o conhecimento tácito foram identificados mecanismos de

transferência pessoais e para o explícito, o uso de documento e principalmente meios eletrônicos (intranet).

Embora tenham desenvolvido uma ampla pesquisa referente à gestão do conhecimento aplicada a P&D, Armbrrecht *et al.* (2001) argumentam que é literalmente impossível gerenciar o conhecimento, mas sim, facilitar seu fluxo por meio da cultura, infraestrutura e tecnologia. O facilitador cultural diz respeito à formação de um ambiente institucional que incentive a criação e compartilhamento do conhecimento. Ele é moldado pelas ações da alta direção, pelos processos de negócio e pela mensuração de resultados. É um facilitador que tende a ser estável, a menos que, a organização seja atingida por forças externas, como uma grave crise financeira ou a nomeação de um CEO (*chief executive officer*) de fora da organização. A pesquisa conduzida pelos autores identificou quatro preocupações relacionadas a cultura e a gestão do conhecimento. A primeira diz respeito ao entendimento da importância do gerenciamento do conhecimento na organização. A completa compreensão dos objetivos do programa é um dos fatores para seu sucesso. Outra preocupação diz respeito ao suporte dado aos programas envolvendo o conhecimento na organização. Os melhores programas não têm apenas o suporte da alta direção, mas de todos os níveis hierárquicos, com intensa participação de *champions* por toda a organização. Esse suporte se inicia na visão instilada pelas lideranças e se estende a recursos materiais, financeiros e instalações. Incentivos são outra preocupação relativa à cultura organizacional. Eles são instrumentos úteis para motivar comportamentos em direção a metas e objetivos e não se restringem a aspectos puramente financeiros, mas podem considerar outros programas de reconhecimento. A quarta e última preocupação, diz respeito à interação dos indivíduos. Até que ponto a cultura organizacional valoriza o contato entre os seus membros? Esse é um instrumento poderoso para a criação e transformação do conhecimento. Do mesmo modo, a cultura deve inibir o surgimento de silos organizacionais, popularmente conhecidas como “panelas”, que costumam aparecer quando indivíduos e/ou grupos estão estruturalmente ou geograficamente separados.

A infraestrutura refere-se ao impacto da gestão do conhecimento nas estruturas organizacional e física da empresa. Esse facilitador inclui o layout físico que corresponde a localização, tamanho, tipo de escritórios, número e natureza das salas de reunião. O próprio *design* das instalações influencia a interação entre as pessoas. A separação geográfica é um dos inibidores do fluxo do conhecimento. Outro ponto a ser observado com relação a infraestrutura é a estrutura hierárquica da organização. Esse é um importante ponto na

formação de times interdepartamentais de projeto em P&D, quando para minimizar a influência dos silos, os membros de cada departamento têm metas em comum e se reportam ao mesmo gerente. O último aspecto ligado a esse facilitador, diz respeito ao próprio processo de gestão do conhecimento. Podendo ser criados por consultores ou com a utilização de pessoal interno, programas formalizados com recursos dedicados para esse fim, reduzem as barreiras para o sucesso dos esforços direcionados a gestão do conhecimento.

A tecnologia está ligada a utilização de computadores (e-mails, *intranets* e outras ferramentas de TI) para estimular e facilitar o compartilhamento e acesso ao conhecimento. Dois temas emergem desse facilitador. O primeiro está relacionado ao papel da TI na gestão do conhecimento. Ela deve ser vista como mais uma ferramenta e não como o processo de gestão do conhecimento como um todo. Armbrecht *et al.*(2001) puderam observar em sua pesquisa empírica, que a TI se tornou um inibidor do conhecimento quando todos os esforços se direcionaram para a criação de programas dedicados a suportar esta ação, com o abandono dos demais facilitadores citados. O outro ponto observado refere-se às ferramentas de TI que devem ser utilizadas na medida da necessidade, objetivando o armazenamento e a recuperação da informação.

3.5 Síntese

Três importantes questões direcionaram o objetivo desta revisão. A primeira endereça um dos principais constructos teóricos deste trabalho: o que é aprendizagem organizacional?

Muitos teóricos tem se debruçado sobre essa questão, oferecendo definições que refletem os diversos pontos de vista sobre o tema. Nos anos 1960, Cyert e March (1963) a definiram como “o comportamento adaptativo das organizações ao longo do tempo”, o que também foi exposto por Cangeloni e Dill (1965) como “uma série de interações entre adaptação no nível individual, ou de subgrupo, e adaptação no nível organizacional”. A partir dos anos 1970, a mudança na visão sobre aprendizagem é expressa no conceito formulado por Argyris e Schön (1978) para quem aprendizagem organizacional “é o processo pelo qual os membros organizacionais detectam erros ou anomalias e os corrigem ao reestruturar a teoria em uso da organização”. A partir do final da década de 1980, uma nova corrente dava sentido à aprendizagem como um processo de interpretação e processamento da informação. Levitt e March (1988) atestaram que “as organizações aprendem quando codificam inferências de suas

experiências em rotinas de orientação do comportamento”. Já para Huber (1991) “uma entidade aprende se, por meio do processamento de informações, o âmbito de seus comportamentos potenciais se modificam”. Para Garvin (1993) era essencial uma definição de fácil entendimento e orientada para prática, por isso defendeu a aprendizagem organizacional como o processo de criação, aquisição e transferência de conhecimento para modificar a empresa. Nonaka e Takeuchi (2008) adotaram uma nova linha, reforçando a importância do conhecimento tácito, ao defender o processo de formação do conhecimento (aprendizagem) como a interação do conhecimento tácito e explícito que se inicia no indivíduo e segue até as relações interorganizacionais.

Este trabalho poderá deixar seu leitor frustrado ao se ausentar da tentativa de construção de uma definição conciliadora. Ao invés disso, o esforço será endereçado ao objetivo desta dissertação, tornando explícito seis tópicos que devem ser explorados em qualquer definição de aprendizagem organizacional no desenvolvimento de novos produtos: a interação de diferentes formas de conhecimento (NONAKA; TAKEUCHI, 2008), o papel do fluxo de informações (internos e externos) (PARIKH, 2001); a integração do conhecimento existente com o novo conhecimento (COHEN; LEVINTHAL, 1990; IANSITI, 1995; MARCH, 1991); a importância do conhecimento individual na construção do conhecimento e, por conseguinte na inovação (GRANT, 1996; NONAKA, 1994); a captura e disseminação desse conhecimento em toda a organização (NONAKA, 1994; NONAKA; TAKEUCHI, 2008); e a promoção de mudanças significativas no desempenho organizacional, em outras palavras, resultado (GARVIN, 1993). Essa reflexão, contudo, não faria sentido sem a segunda questão desta revisão: as organizações podem aprender?

No passado, a resposta poderia não ser pacífica, hoje, porém, goza de expressivo consenso. A resposta para esta questão é sim, as organizações podem aprender. A visão outrora predominante do indivíduo como o único agente capaz de aprender evoluiu para o conceito da organização como uma instituição maior que a soma de seus funcionários, com capacidade de aprender coletivamente ao incorporar em suas rotinas, procedimentos e cultura parte do conhecimento dos seus membros. O resultado bem sucedido desse processo é expresso pela modificação do comportamento organizacional com reflexos no processo de DNP e serviços. As definições apresentadas sustentam esse argumento. Entretanto, se as organizações podem aprender, surge a última questão que motivou esta revisão: como isso ocorre?

A resposta remete ao objetivo desta dissertação. Os diversos trabalhos aqui apresentados buscaram responder a esta proposição sob os mais diferentes enfoques. Tomando emprestada a organização sugerida por Nakano e Fleury (2005) pode-se classificar a literatura entre os quadrantes formados pelo cruzamento das perspectivas e propósitos sugeridos.

Quadro 6 – Quadrantes do conhecimento organizacional

	Caráter Prescritivo (tipo ideal de organização pelo uso dos princípios ou ações prescritas)	Caráter Analítico (definir o que é aprendizagem organizacional e como ela se processa)
Perspectiva Cognitiva (aquisição e interpretação da informação)	Tan (2000)	Cyert e March (1963) Cangeloni e Dill (1965) Argyris e Schön (1978) Daft e Weick (1984) Fiol e Lyles (1985) Levitt e March (1988) Huber (1991) March (1991)
Perspectiva Construtivista (processos sociais de tradução e transformação do conhecimento)	Senge (1990) Garvin (1993)	Crossan, Lane e White (1999) Hedlund (1994) Nonaka e Takeuchi (2008)

FONTE: Adaptado de NAKANO; FLEURY, 2005.

A complexidade do tema impede, obviamente, uma resposta acertada sob uma única perspectiva. Ao que parece, há muito mais complementaridade entre as diversas propostas do que conflitos (HARGADON; FANELLI, 2002), mas para a investigação que aqui se propõe, no âmbito do desenvolvimento de produtos, um referencial teórico será adotado baseado na análise das dicotomias propostas por Nakano e Fleury (2005): caráter prescritivo x analítico e perspectiva cognitiva x construtivista.

Este trabalho será construído com referencial baseado na literatura de caráter analítico, pois essa literatura está alinhada com a questão central desta pesquisa: como se processa o aprendizado organizacional. Como esclarecem Nakano e Fleury (2005), a literatura de caráter prescritivo é mais orientada para a implementação de mudanças organizacionais, argumentado sobre a validade de suas recomendações, mais por sua aplicabilidade do que seu rigor conceitual e metodológico. Baseado nestas evidências, este trabalho se apoiará nas linhas de pesquisa que preconizam a análise da aprendizagem organizacional.

O próximo exame recai sob a perspectiva do conhecimento que orientará esta pesquisa. Na perspectiva cognitiva, segundo Nakano e Fleury (2005), os estudos se concentram no fluxo de

conhecimento explícito em um processo contendo a criação e aquisição, interpretação, armazenamento (memória organizacional) e disseminação da informação.

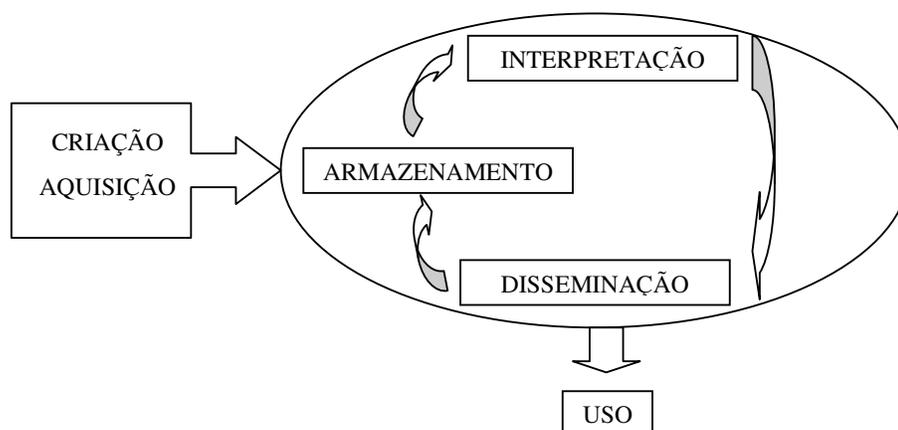


Ilustração 13 - Processo de aprendizagem de perspectiva cognitiva.
 FONTE: NAKANO; FLEURY, 2005, p. 19

Duas contribuições calcadas nessa perspectiva são muito exploradas pela literatura envolvendo inovação e conhecimento. A primeira de Hargadon e Sutton (1997), com base em um amplo estudo etnográfico na empresa de *design* IDEO, concluiu que a inovação decorre da capacidade da empresa em combinar diversas ideias existentes num novo conceito, no processo que compreende o acesso, aquisição, armazenamento e recuperação de informações.

A outra tem como foco o processo de desenvolvimento de produtos de Clark e Wheelwright (1993) para quem a aprendizagem está intimamente ligada ao aprendizado com a prática (*learnig by doing*). Os autores admitem que o aprendizado só se completa com a captura (que pode ocorrer durante ou após o projeto) e a utilização das lições para uma mudança positiva no modo como se processa o DNP na organização. Projetos com resultados não satisfatórios são a matéria-prima para o aprendizado, sendo cinco os eventos críticos que alimentam a fonte de potencial aprendizado: (1) problemas recorrentes ligados às dimensões críticas de desempenho (a organização captura soluções e as torna permanentes?); (2) atividades/tarefas individuais cruciais e capacidades associadas (temos as habilidades necessárias?); (3) ligações entre níveis operacionais (temos um processo e uma estrutura para integração?); (4) ciclo projetar-construir-testar (temos as ferramentas, recursos de suporte e habilidades certas?); (5) processos de tomada de decisão e alocação de recursos (as pessoas certas são envolvidas no tempo certo com a informação certa?). Aprender significa investigar as causas das falhas ocorridas de modo sistemático, garantindo que a aprendizagem seja vista como um processo

em equipe e a busca pela causas dos problemas baseando-se em fatos mensuráveis até sua causa principal (causa raiz).

Uma pesquisa empírica, conduzida em três empresas industriais brasileiras, utilizou como estrutura teórica a abordagem de Clark e Wheelwright (1993). Ruy e Alliprandini (2008) criaram um modelo conceitual para entender a aprendizagem organizacional no DNP. A pesquisa sugeriu que “o ritmo com que uma organização aprende (ou não) é ditado pelo elemento mais deficiente dentre os necessários para a ocorrência da aprendizagem organizacional no DNP” e o modelo (apresentado abaixo) serviria de *check list* para identificá-lo no processo.

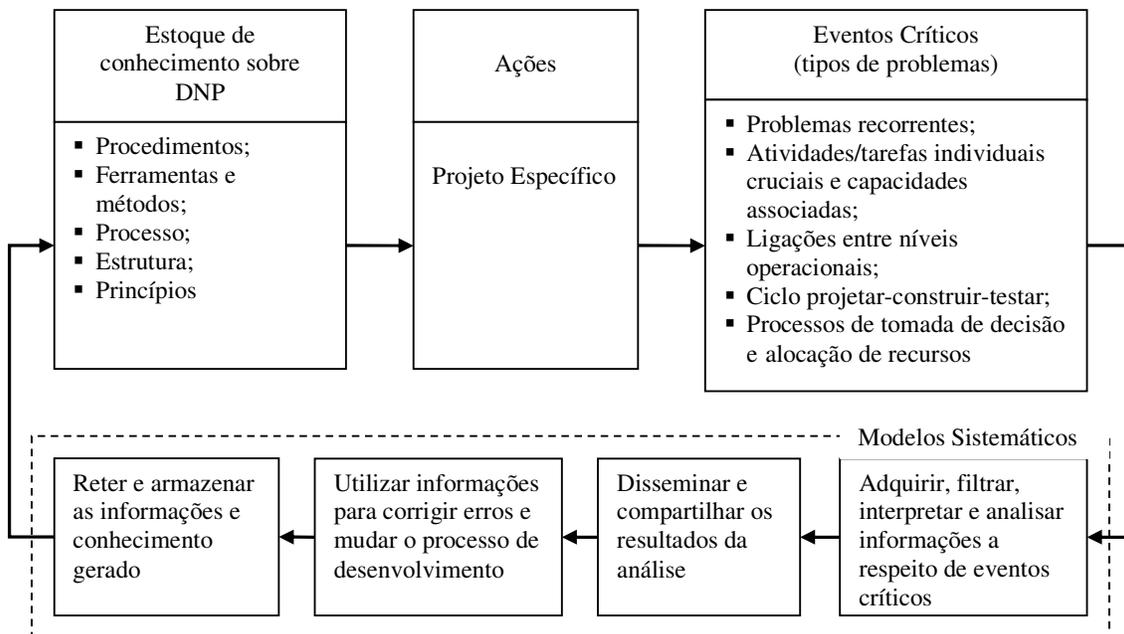


Ilustração 14 - Modelo de aprendizagem organizacional para o processo de DNP.

FONTE: RUY; ALLIPRANDINI, 2008, p. 466

Embora a perspectiva cognitiva tenha gerado modelos apropriados para a investigação que se propõe nesta pesquisa, admitir a organização apenas como um sistema de processamento de informação seria ignorar os *insights*, intuições e palpites tácitos e subjetivos dos diferentes membros da organização como forma de criação de conhecimentos (LEONARD; SENSIPER, 1998; NONAKA, 1991). Essas constatações fazem crer que uma perspectiva construtivista poderia ser considerada neste trabalho.

Os trabalhos de perspectiva construtivista (vide quadro abaixo) admitem a informação como o meio para se iniciar e formalizar o conhecimento (NONAKA, 1994), a importância da conversão do conhecimento individual em recurso disponível na organização e o papel central do conhecimento tácito no processo de inovação (LEONARD; SENSIPER, 1998; NONAKA, 1991). A adoção dessa abordagem de pesquisa se justifica pela própria natureza do DNP como um processo estritamente ligado a criação de conhecimento que envolve a coordenação e integração de diversos agentes, tanto internos, como externos à organização (BROWN; EISENHARDT, 1995).

Quadro 7 – Abordagens de transformação do conhecimento.

Processo	Crossan, Lane e White (1999)	Hedlund (1994)	Nonaka e Takeuchi (2008)
Aquisição do conhecimento	Intuição (conhecimento tácito individual)	Assimilação	Não discutido
Transferência do conhecimento tácito entre indivíduos	Não discutido	Não discutido	Socialização
Tradução do conhecimento tácito individual para o explícito	Interpretação e integração	Articulação	Externalização
Elaboração e construção de novo conhecimento explícito	Integração	Não discutido	Combinação
Formalização do conhecimento em procedimentos e rotinas	Institucionalização	Extensão	Combinação
Aquisição de novo conhecimento tácito individual a partir do explícito organizacional	Intuição	Internalização	Internalização
Distribuição do conhecimento	Implicitamente assumido no processo de Institucionalização	Disseminação	Implicitamente assumido no processo de Socialização

Fonte: NAKANO; FLEURY, 2005, p. 19

Nonaka e Takeuchi (2008) são as principais referências nesta linha de pensamento e apresentam as características que retratam as dimensões do conhecimento (epistemológica e ontológica) que variam entre dois extremos (tácito e explícito). A interação entre ambos gera uma espiral de criação do conhecimento que parte do indivíduo, em direção a construção do conhecimento interorganizacional, passando pelas transformações definidas como socialização, externalização, combinação e internalização.

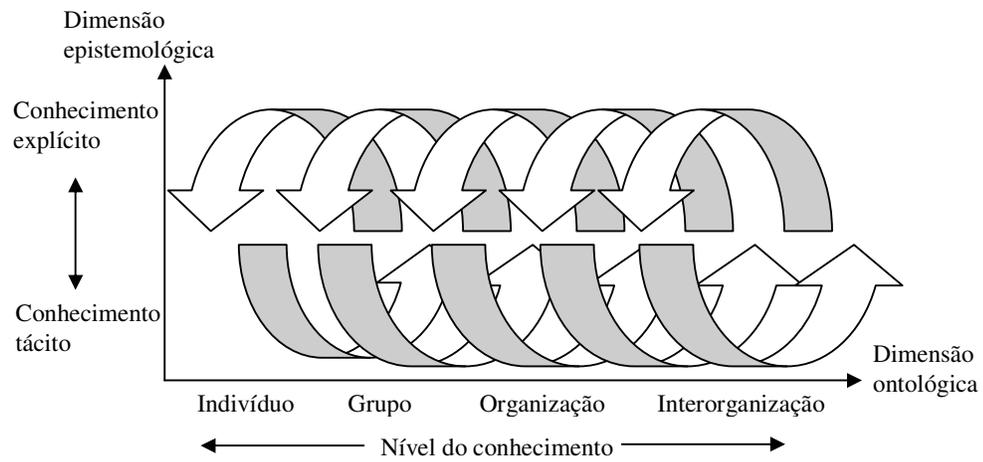


Ilustração 15 - Espiral da criação do conhecimento organizacional.

FONTE: NONAKA; TAKEUCHI, 2008, p. 82

O capítulo seguinte irá sintetizar os conceitos relativos à aprendizagem organizacional e o DNP, em um modelo teórico que servirá de referencial para a investigação do objetivo deste trabalho.

4 MODELO TEÓRICO

Os capítulos 2 e 3 descreveram os constructos deste trabalho. O capítulo 2 retratou o desenvolvimento de novos produtos apresentando as diversas abordagens para o seu processo. O modelo proposto por Rozenfeld *et al.* (2006), composto por três fases: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento foi escolhido como referencial desta pesquisa. O capítulo 3 analisou os principais pontos sobre conhecimento e aprendizagem organizacional, descrevendo as transformações entre conhecimento tácito e explícito (NONAKA; TAKEUCHI, 2008), os facilitadores desse fluxo (tecnologia, cultura e infraestrutura) e as interações da organização na busca por conhecimento (matriz, subsidiárias e parceiros locais).

Com base nesse referencial teórico construiu-se a ideia de um modelo de transformação do conhecimento (entre tácito e explícito), para cada uma das etapas do desenvolvimento de um produto. O modelo não tem a pretensão de ser inovador, apenas sintetiza as visões de aprendizagem e projetos de desenvolvimento de novos produtos (DNP). Estas transformações seriam motivadas pelo fluxo de conhecimento originado pelo conhecimento interno existente na organização e o captado externamente, dada a interação da organização estudada com a sua matriz, outras subsidiárias e parceiros locais. Este fluxo seria, em alguma medida, facilitado (ou não) pela cultura, infraestrutura e tecnologia presentes na organização.

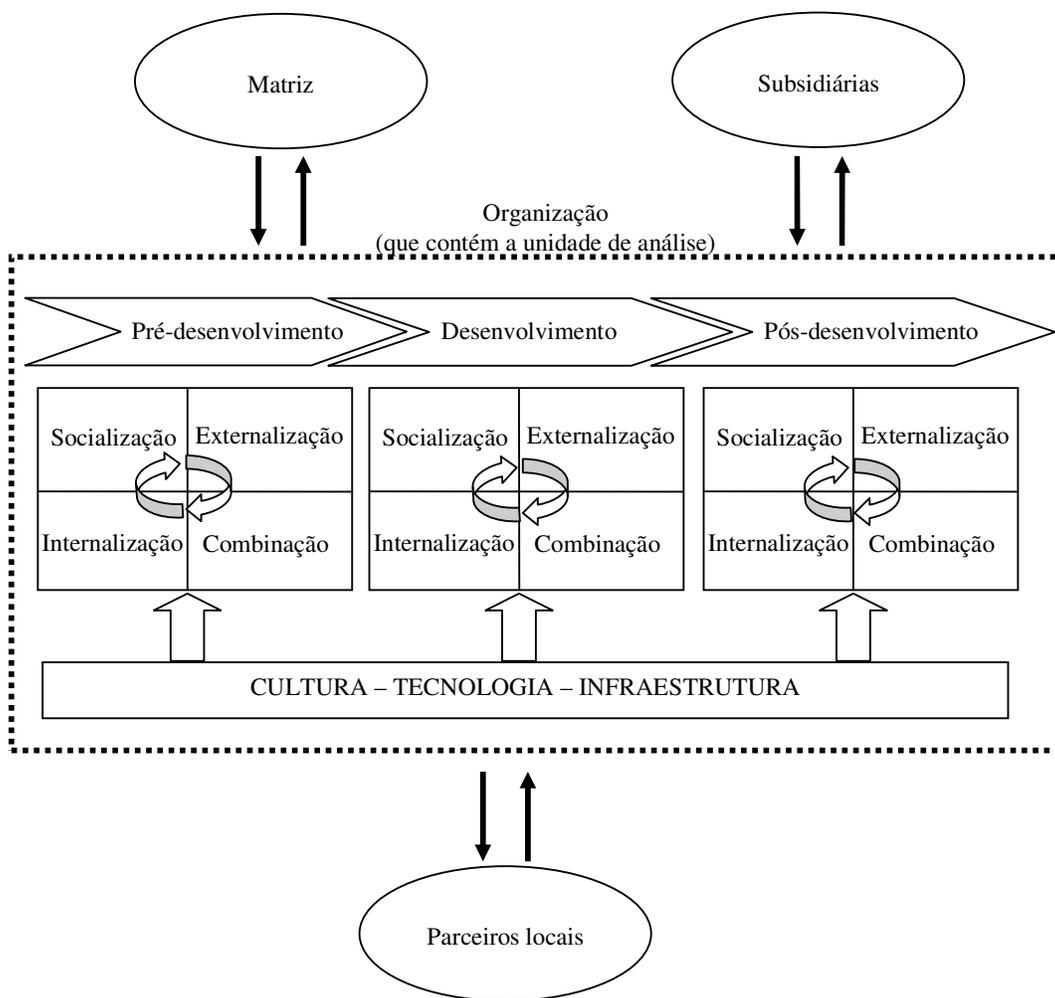


Ilustração 16 – Resumo da estrutura teórica

O modelo de Nonaka e Takeuchi (2008) conhecido como SECI (socialização, externalização, combinação e internalização) não é isento de críticas. A conversão do conhecimento entre tácito e explícito para alguns autores como Gourlay (2006) e Ribeiro e Collins (2007) é considerada imperfeita, pois é subjetiva e suportada por evidências que não podem ser comprovadas. Apesar das críticas e dos novos modelos propostos, os pressupostos de Nonaka e Takeuchi (2008) tem encontrado respaldo na construção de modelos teóricos e na pesquisa empírica, principalmente no campo da inovação.

Liderman *et al.* (2004) desenvolveram um modelo integrando os modos de conversão do conhecimento com as práticas de gestão da qualidade. Anand, Ward e Tatikonda (2010) identificaram a influência do modelo SECI em projetos de *Six Sigma*. No modelo analítico de gestão do conhecimento de Ferrari e Toledo (2004), aplicado ao processo de desenvolvimento de produtos, os autores consideraram quatro aspectos: os princípios, o conteúdo do

conhecimento (entre tácito e explícito), os processos (definidos pelo modelo SECI) e a infraestrutura que suporta a gestão (estrutura organizacional, gestão de recursos humanos e tecnologia da informação). Sabherwal e Becerra-Fernandez (2003) realizaram um estudo demonstrando que a internalização e a externalização afetam mais o aprendizado em indivíduos. Já nos grupos foram encontradas evidências da socialização como o principal fator e a combinação no nível organizacional. O nível interorganizacional não foi estudado.

Nonaka *et al.* (1994) confrontaram o modelo SECI com dados coletados junto a 105 gerentes de nível médio no Japão, confirmando a aderência do conceito à criação do conhecimento organizacional. Silva (2002) e Silva e Rozenfeld (2003, 2007) agregaram ao modelo quatro dimensões do processo de DNP (estratégia, organização, atividades e recursos) atestando sua existência, demonstrando a socialização como a conversão de maior ocorrência do processo de DNP.

Em uma pesquisa conduzida ao longo de dois anos estudando o processo de desenvolvimento de um novo produto em uma pequena empresa, Dyck *et al.* (2005) encontram evidências da existência dos quatro tipos de conversão durante todas as fases do processo de criação do conhecimento. Popadiuk e Choo (2006) se utilizaram do modelo SECI para traçar um referencial teórico que relacionasse as teorias de inovação e criação do conhecimento.

Com uma base de dados coletadas em 94 projetos de DNP em 33 empresas na Alemanha, Áustria e Suíça, os pesquisadores Schulze e Hoegl publicaram uma série de estudos utilizando o modelo SECI. Hoegl e Schulze (2005) examinaram as dez principais práticas de gestão do conhecimento aplicado aos projetos estudados e as cruzaram com as transformações propostas pelo modelo SECI. Nesse trabalho, constataram grande importância do conhecimento explícito, com as transformações definidas como combinação seguida da externalização. Schulze e Hoegl (2006) estudaram o DNP em duas fases distintas: a fase de concepção (pré-desenvolvimento) e a de desenvolvimento. A revisão apresentada pelos autores constatou que a externalização era a transformação do conhecimento mais importante na fase de concepção e a combinação na fase de desenvolvimento, mas o impacto das demais não havia ainda sido estudado. A partir dessa constatação, procuram responder a duas questões: haveria outras transformações do conhecimento importantes para o sucesso de novos produtos? E os quatro modos de conversão do conhecimento são positivamente relacionados com o sucesso de novos produtos durante as fases de concepção e

desenvolvimento dos projetos? Com os dados coletados puderam observar que há uma correlação positiva da socialização e internalização na fase de concepção do projeto (ênfase no conhecimento tácito) e da externalização e combinação na fase de desenvolvimento (ênfase no conhecimento explícito). Em Schulze e Hoegl (2008) os pesquisadores trataram da criação do conhecimento aplicado a fase de concepção chegando a constatações idênticas ao estudo anterior. Nesse conjunto de trabalhos, destacaram a necessidade de estudos qualitativos e em outros contextos (especialmente culturais) para estudar o tema.

5 METODOLOGIA

Neste capítulo, três seções descrevem o método empregado para a condução deste estudo. Na sua primeira parte, o trabalho será caracterizado como uma pesquisa exploratória, qualitativa, sendo o estudo de caso, a abordagem de pesquisa utilizada. Em seguida, a partir de uma proposta para condução de estudos de caso apresentada por Miguel (2007), serão examinadas as etapas percorridas para a realização dos estudos de caso selecionados, incluindo o planejamento da pesquisa de campo e a estratégia de análise dos dados empregada. A última seção se destina a síntese do capítulo, quando se confronta o planejamento efetuado, com três critérios utilizados para testar a qualidade da pesquisa: validade do constructo, validade externa e confiabilidade.

5.1 A caracterização do trabalho

Dada a complexa interação de fatores relacionados aos temas deste trabalho (construção do conhecimento e desenvolvimento de novos produtos), ele é definido como uma pesquisa exploratória, pois se pretendeu aumentar o conhecimento sobre o fenômeno estudado e o estabelecimento de prioridades para futuras pesquisas, quando serão formulados problemas mais precisos e novas hipóteses (SELLTIZ *et al.*, 1975). Contribui também para a caracterização desta pesquisa como exploratória, a ausência de estudos como o aqui conduzido no contexto brasileiro. Toledo *et al.* (2002) esclarecem que em sua grande maioria, os trabalhos que envolvem a indústria automobilística, e principalmente o segmento de autopeças, retratam a realidade japonesa, americana e europeia.

Novos paradigmas vêm questionando os pressupostos e procedimentos que orientam a pesquisa científica (ALVES-MAZZOTI; GEWANDSZNAJDER, 2001), o que de certo, abre espaço para a pesquisa qualitativa, historicamente vista como “inferior” ante o rigor da investigação quantitativa. Platão (CASTRO, 1977) já atestava que “aquele que jamais busca números em coisa alguma, não será ele próprio contado entre o número dos homens famosos”. A pesquisa qualitativa começou a aparecer no cenário da pesquisa social, a partir da segunda metade do século XIX (GODOY, 1995a), na Antropologia e Sociologia e nas últimas três décadas recebeu grande aceitação em áreas como Administração, Psicologia, e Educação (NEVES, 1996).

Segundo Neves (1996), a pesquisa qualitativa é o conjunto de técnicas que visam interpretar a realidade, dando preferência aos aspectos mais analíticos que “visam descrever e decodificar os componentes de um sistema complexo de significados”. Este tipo de pesquisa, na visão de Denker e Viá (2001), presume o contato direto do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada. Para Alves-Mazzoti e Gewandsznajder (2001), os estudos qualitativos também se caracterizam pela visão holística, abordagem indutiva e investigação naturalista. A visão holística se deve a sua natureza, quando a compreensão de um comportamento ou evento só é possível após o entendimento do contexto. A abordagem indutiva está ligada ao foco da pesquisa, que vai se ajustando ao longo do processo de coleta e análise de dados, motivada pela livre observação do pesquisador. Já a investigação naturalista, decorre da mínima influência do pesquisador sobre o contexto observado. Godoy (1995a) acrescenta que a pesquisa qualitativa também se caracteriza pela preocupação do pesquisador com o significado que as pessoas dão as coisas e à sua vida.

As pesquisas qualitativas são caracteristicamente multi-metodológicas (ALVES-MAZZOTI; GEWANDSZNAJDER, 2001), pois se utilizam de uma grande variedade de procedimentos e instrumentos para coleta de dados. Entre estes instrumentos, Alves-Mazzoti e Gewandsznajder (2001) destacam a observação, a entrevista e a pesquisa documental. Além da pesquisa documental, Godoy (1995b) apresenta, assim como Denker e Viá (2001), o estudo de caso e a etnografia.

O estudo de caso foi a abordagem de pesquisa escolhida para a condução desta pesquisa que será realizada de modo retrospectivo, utilizando um projeto de casos múltiplos. Segundo Yin (2005, p. 32) o estudo de caso pode ser definido como “uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto da vida real, quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidos”. Utilizar uma abordagem retrospectiva, de modo geral, permite um maior controle na escolha dos casos onde os dados serão coletados, com a desvantagem que os participantes podem não se recordar de fatos importantes (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002). A estratégia básica para minimizar o problema nesses casos, é a utilização de múltiplas fontes de coleta de dados. Além desse fato, esta pesquisa se utilizou de casos múltiplos por sua capacidade de replicação, com a possibilidade de se destacar os pontos em comum e as diferenças observadas, com o objetivo de dar maior robustez às evidências coletadas (McCUTCHEON; MEREDITH, 1993; YIN, 2005).

O estudo de caso é apenas uma das formas de realizar pesquisas empíricas, entretanto, o estudo da dinâmica das operações organizacionais não oferece condições para seu controle ou a manipulação de suas variáveis, sendo essa abordagem de pesquisa, portanto a melhor para estas situações (McCUTCHEON; MEREDITH, 1993). Ele também é empregado em questões de pesquisa do tipo “como” e “por que” (YIN, 2005) e em áreas ainda não totalmente cobertas pela teoria e/ou quando a teoria está em desenvolvimento (HANDFIELD; MELNYK, 1998). O trabalho de Hargadon e Sutton (1997), que investiga como a empresa de *design* IDEO continuamente inova, também inspirou a abordagem qualitativa escolhida para esta pesquisa.

5.2 A condução do estudo de caso

Algumas propostas para as fases de condução do estudo de caso podem ser encontradas na literatura (ex.: EISENHARDT, 1989, STUART *et al.*, 2002), mas este trabalho se baseia em uma interessante proposta de Miguel (2007), que pode ser vista na ilustração abaixo. O interesse neste modelo se justifica pela utilização de um teste piloto no processo de desenvolvimento do estudo de caso. Embora não seja um procedimento amplamente destacado na literatura, mostrou-se útil na construção deste trabalho.

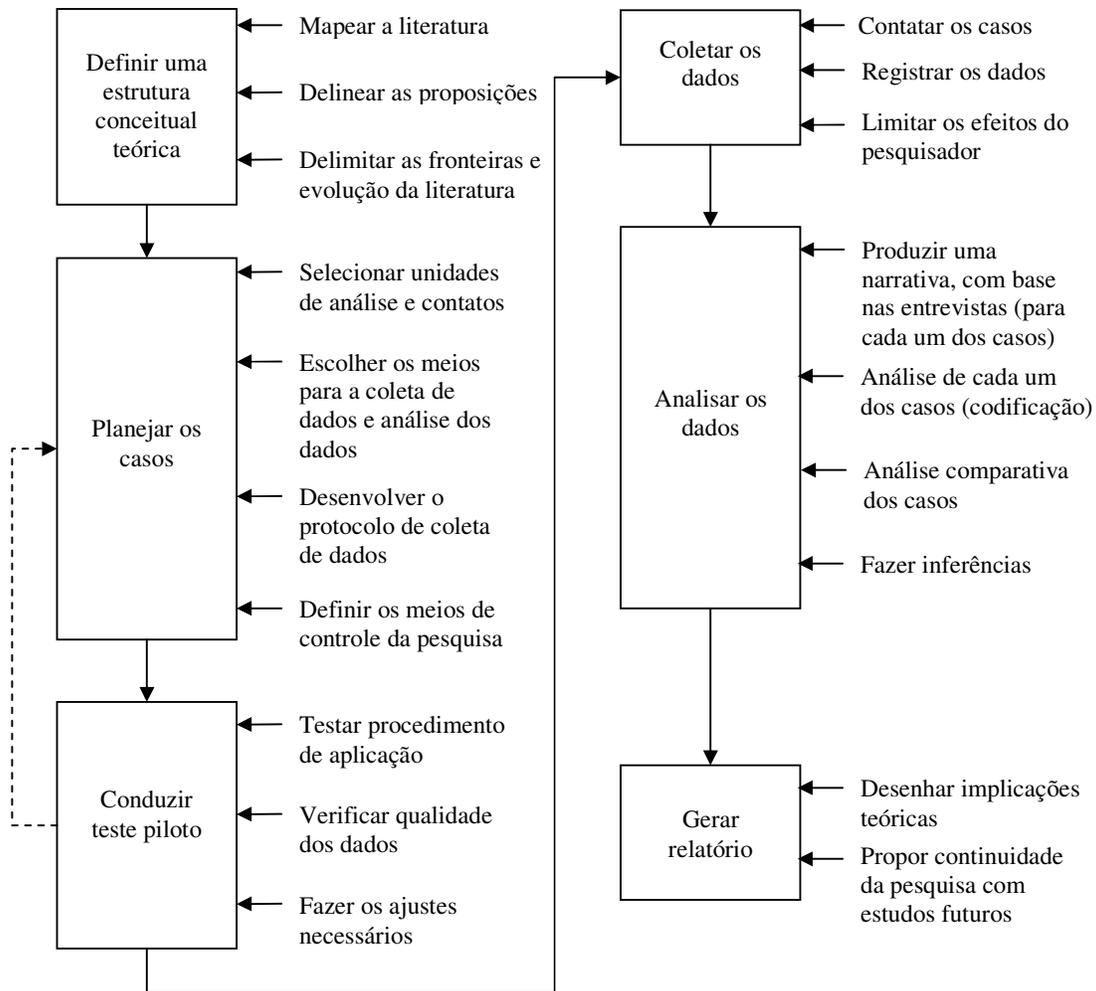


Ilustração 17 - Condução do estudo de caso.
 FONTE: Construído a partir de MIGUEL, 2007, p. 221.

A seguir, serão detalhadas as estratégias de pesquisa para cada uma das etapas do modelo de condução dos estudos de caso.

5.2.1 Estrutura teórica

O capítulo 4 descreveu o modelo teórico empregado nesta pesquisa construído a partir da ideia de um modelo de transformação do conhecimento (entre tácito e explícito), para cada uma das etapas do desenvolvimento de um produto. Este modelo orientou a condução dos estudos de caso e serviu de referência para a investigação e respostas às questões de pesquisa.

5.2.2 Planejamento da pesquisa de campo

As premissas adotadas para esta etapa foram formuladas a partir dos dados coletados na pesquisa exploratória, base para o teste piloto (descrito na próxima seção). Elas foram condensadas em um protocolo de pesquisa que orientou a investigação proposta nesta dissertação (apêndice 1). Com isso, foram então selecionadas as empresas para compor os estudos de caso, priorizando, por conveniência, o contato com os entrevistados que já haviam participado da pesquisa exploratória. A partir deles, novos contatos foram feitos e novos entrevistados puderam contribuir.

Definiu-se por realizar a pesquisa nos sistemistas, pois foi a partir deles que se desenvolveu a tecnologia *flex fuel* no Brasil. A opção de investigar o projeto de todas as empresas pioneiras neste desenvolvimento, partiu da possibilidade identificada de realizar comparações mais extensas com o aprofundamento da análise dos dados e dar credibilidade aos resultados da pesquisa. A partir daí construiu-se um roteiro de questões para apoiar as entrevistas baseado nas variáveis que se pretendia investigar. As entrevistas abordaram cada uma das três fases do DNP (ROZENFELD *et al.*, 2006): (1) pré-desenvolvimento; (2) desenvolvimento; (3) pós-desenvolvimento.

No pré-desenvolvimento o objetivo foi analisar como a organização conciliou à estratégia da unidade de negócios e mobilizou os recursos e o conhecimento à disposição da organização para tornar o projeto viável. No desenvolvimento, a análise recaiu sobre o projeto em si, desde o desenho das especificações até o lançamento do produto. Na fase de pós-desenvolvimento, a ênfase foi centrada nas oportunidades de melhoria identificadas pelos sistemistas, após o lançamento do produto. As questões do roteiro também ofereceram elementos para investigar os recursos facilitadores do conhecimento – tecnologia, cultura e infraestrutura (ARMBRECHT *et al.*, 2001)

5.2.3 Teste piloto

O teste piloto foi realizado em uma das empresas em estudo (Bosch) com o objetivo de verificar a consistência dos conceitos que seriam aplicados nesta dissertação. A base de dados para este teste piloto foi retirada de uma ampla pesquisa exploratória conduzida no âmbito da disciplina, Inovação e Desenvolvimento de Produtos, do programa de pós-graduação em Administração da Universidade de São Paulo.

Essa pesquisa exploratória teve início em agosto de 2008 e prosseguiu até março de 2009, motivada por uma simples questão: como se desenvolveu a tecnologia bicomustível no Brasil. O grupo de alunos levantou o material bibliográfico, que serviu de referência teórica à pesquisa e conduziu as entrevistas, juntamente com os professores (ao todo 16 pessoas). Após as entrevistas, um relatório detalhado sobre os dados coletados era preparado e os resultados e ações futuras discutidos com todo o grupo. A pesquisa envolveu três fornecedores (Bosch, Delphi e Magneti Marelli), duas montadoras (General Motors e Volkswagen) e entidades de classe ligadas ao desenvolvimento da tecnologia. Foram contatados 14 executivos ativamente envolvidos no desenvolvimento da tecnologia no Brasil. O quadro abaixo sintetiza a distribuição das entrevistas realizadas.

Quadro 8 - Entrevistas realizadas

Data	Empresa	Duração da Entrevista	Posição do Entrevistado
12/09/08	Magneti Marelli	3h	Diretor Comercial Diretor de pesquisa e desenvolvimento Chefe Laboratório Experimental
15/09/08	União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA)	2h	Ex-executivo
03/10/08	Bosch	2h	Vice-Presidente Executivo
16/10/08	Volkswagen	3h	Gerente de Engenharia
16/10/08	Associação Brasileira de Engenharia Automotiva	2h	Presidente
04/11/08	Delphi	3h30	Engenheiro Chefe Supervisor de Engenharia
12/11/08	Volkswagen	4h	Engenharia de Manufatura
26/11/08	General Motors	2h30	Gerente de Engenharia de Produto
01/12/08	Magneti Marelli	2h	Diretor de pesquisa e desenvolvimento Gerente de Sistemas Chefe Laboratório Experimental Engenharia de pesquisa e desenvolvimento
15/12/08	General Motors	1h	Gerente de Engenharia de Produto
16/03/09	Bosch	2h	Vice-Presidente Executivo Engenheiro de Pesquisa e Desenvolvimento (2)

A pesquisa exploratória possibilitou o entendimento de grande parte do contexto político, tecnológico e institucional envolvido com o lançamento do primeiro carro bicomustível do país. A partir deste amplo levantamento surgiram diversos temas de pesquisa (ex.: NASCIMENTO *et al.* 2009a, 2009b; YU *et al.* 2009), sendo que um deles resultou no teste piloto que se ocupou com a construção do conhecimento no processo de desenvolvimento do sistema *flex fuel* na Bosch.

A estratégia para a construção deste teste piloto incluiu a produção de um artigo (GATTI JR, 2009) submetido a um seminário científico, quando o parecer dos avaliadores foi utilizado para a melhoria da pesquisa para esta dissertação. O teste piloto identificou que no pré-desenvolvimento, a transformação do conhecimento explícito em tácito se dá com grande intensidade. Observaram-se nessa fase, grandes esforços de pesquisa teórica direcionados para a realização do projeto. Durante o desenvolvimento do projeto, a externalização do conhecimento tácito, por meio dos relatórios de desenvolvimento e dos testes com os protótipos, mereceram destaque, com os quais a empresa passou a incorporar o conhecimento produzido durante o projeto. Na fase pós-desenvolvimento verificou-se o conhecimento compartilhado (socialização), com expressiva interação da empresa com o mercado visando tornar a solução comercialmente viável. Nessa fase, é importante a aplicação da solução no veículo produzido pelo cliente e a experimentação dos engenheiros da montadora.

O estudo também revelou a importância dos facilitadores do fluxo do conhecimento, como a cultura organizacional voltada para a formação de mão de obra especializada (facilitando a internalização) e o incentivo aos engenheiros para desenvolverem e apresentarem novas ideias (externalização). Estes facilitadores sugerem a promoção, em bases sólidas, das condições para a organização estudada continuamente inovar e ser reconhecida pela robustez tecnológica de seus produtos.

Dentre as oportunidades de melhoria identificadas pelo teste piloto para esta pesquisa estão: a necessidade de uma melhor formatação metodológica – incluindo a triangulação de dados e o planejamento mais estruturado de múltiplas fontes de coleta de dados; a realização de mais de um estudo de caso – para aumentar a viabilidade dos resultados encontrados via cruzamento dos dados coletados; apresentação de resultados mais elaborados e interessantes – resultado de uma estratégia de análise mais elaborada.

5.2.4 Coleta de dados

Antes dos contatos para agendamento das entrevistas, cada uma das empresas recebeu uma carta descrevendo os objetivos da pesquisa, como modo de reafirmar o compromisso com resultados de qualidade e criar um vínculo de confiança com o entrevistado. As entrevistas foram então agendadas por telefone e/ou e-mail.

Devido à dificuldade em obter autorização para a gravação das entrevistas, optou-se por transcrevê-las em blocos de papel. A estratégia básica para a realização das entrevistas foi inspirada em Figueiredo (2003), isto é, foram conduzidas de modo informal como uma conversa estruturada. As anotações com os registros das entrevistas foram transformadas em um texto (arquivo eletrônico) que foi submetido aos informantes por e-mail no prazo máximo de 72h (a maior parte em 24h) para revisão e autorização do que poderia ou não ser divulgado.

Primeiramente, realizaram-se entrevistas não estruturadas com montadoras, que serviram para a triangulação das informações coletadas posteriormente nas unidades de análise. Considerou-se como unidade de análise, o projeto de desenvolvimento dos sistemas *flex fuel* na Bosch, Delphi e Magneti Marelli.

Nas empresas pesquisadas foram utilizadas entrevistas semi-estruturadas e fontes secundárias (artigos acadêmicos e matérias publicadas em revistas de negócio e especializadas em automóveis). Além das entrevistas realizadas (vide quadro abaixo), dezenas de telefonemas rápidos e e-mails foram utilizados para a resolução de dúvidas e/ou busca de novas informações. Os dados coletados durante a pesquisa exploratória (base para o teste piloto) também foram utilizados.

Quadro 9 - Relação das entrevistas

Data	Empresa	Duração da Entrevista	Posição do Entrevistado
28/04/10	General Motors	1h	Gerente de Engenharia de Produto
28/04/10	Volkswagen	1h30	Gerente de Engenharia
03/05/10	Bosch	1h30	Gerentes de Engenharia (3)
18/05/10	Ford	1h	Supervisor de Engenharia Avançada
31/05/10	Magneti Marelli	1h30	Gerente de Pesquisa e Desenvolvimento
29/06/10	Delphi	1h (por telefone)	Supervisor de Engenharia
14/07/10	Bosch	0h45 (por telefone)	Gerente de Engenharia
26/08/10	Bosch	1h30	Gerente de Engenharia
03/09/10	Magneti Marelli	1h	Gerente de Pesquisa e Desenvolvimento
20/10/10	Delphi	1h (por telefone)	Supervisor de Engenharia

5.2.5 Análise dos dados

A análise dos dados consiste em examinar, categorizar, classificar em tabelas e recombinar as evidências, sendo reconhecidamente, uma atividade de difícil execução (YIN, 2005). Para

contornar as dificuldades dessa etapa do estudo de caso, construiu-se uma estratégia geral composta de três etapas e que serviu de guia para esta atividade:

- a. Reconstrução das entrevistas em formato de narrativa: a partir do conjunto de dados coletados, uma narrativa para cada entrevista foi produzida, considerando as evidências que tiveram estreita ligação com os objetivos e constructos da pesquisa (MIGUEL, 2007).
- b. Análise individual dos casos: de posse da narrativa de cada um dos casos, a análise propriamente dita teve início com a codificação dos dados com base nos constructos principais do trabalho. Essa foi a fase de codificação aberta (GIBBS, 2009), quando se procedeu a leitura crítica das narrativas e identificação dos trechos para cada um dos modos de conversão do conhecimento (considerando as dimensões epistemológica e ontológica), em cada uma das fases do produto. A operacionalização dessa atividade contou com o apoio de uma versão demo do *software* NVivo versão 8.0. Em seguida, houve um refinamento desta codificação, quando o conteúdo de cada categoria foi confrontado com citações extraídas da literatura. A narrativa de cada uma das fontes de coleta de dados forneceu as evidências associadas com a transformação do conhecimento correspondente dentro de cada uma das fases de DNP (pré-desenvolvimento, desenvolvimento, pós-desenvolvimento). O mesmo foi realizado para os constructos ligados aos facilitadores do fluxo do conhecimento (cultura, tecnologia e infraestrutura). O resultado desta fase foi exibido em quadros demonstrativos capazes de representar de maneira sistemática e visual, as informações e dados coletados (MILES; HUBERMAN, 1994; MIGUEL, 2007).
- c. Análise comparativa dos casos: após a análise individual de cada caso foi realizada a análise comparativa entre os casos, com o objetivo de encontrar pontos em comum e as diferenças observadas (EISENHARDT, 1989). O processo de análise pode promover o abandono, a modificação ou a manutenção de cada uma das inferências (HARGADON; SUTTON, 1997) inicialmente elaboradas na análise dos casos individuais, sendo reportadas no relatório final aquelas que podiam ser sustentadas.

5.2.6 Relatório final

Como resultado de todas as etapas anteriores, o relatório final que conclui a dissertação, foi elaborado com dois objetivos básicos: responder as questões da pesquisa e discutir as

implicações teóricas deste trabalho. Com base nestes dois objetivos, novos temas de pesquisa puderam emergir e foram propostos para futuras pesquisas.

5.3 Síntese

Este capítulo descreveu os passos que foram percorridos para a realização deste trabalho. Seu objetivo foi garantir a qualidade da pesquisa sob a análise de três critérios: validade do constructo, validade externa e confiabilidade. Um quarto teste discutido por Yin (2005), a validade interna, não se aplica a este trabalho, pois deve ser estruturada em pesquisas quando se estabelece relações causais em estudos explanatórios.

O quadro abaixo relaciona os critérios com as táticas desta pesquisa.

Quadro 10 – Critérios para análise da qualidade do estudo de caso

Critérios	Definição	Tática do estudo	Fases da pesquisa na qual a tática deve ser aplicada	Táticas desta pesquisa
Validade do constructo	Extensão pela qual uma observação mede o conceito que se pretende analisar por meio do estabelecimento de métricas operacionais corretas em relação a esse conceito	Utilizar fontes múltiplas de evidências	Coleta de dados	Contatar sistemistas e montadoras
		Estabelecer encadeamento de evidências	Coleta de dados	Certificar-se que o protocolo, a redação dos casos e o banco de dados possam garantir este item
		O rascunho dos relatórios é revisado por informantes chaves	Composição	O texto resultante foi submetido aos informantes para revisão e autorização para o que pode ser divulgado
Validade externa	Grau de generalização das conclusões da pesquisa, em outras palavras, a verificação de quão aplicáveis são os resultados para outros objetos de análise	Utiliza lógica de replicação em estudos de caso múltiplos	Projeto de pesquisa	Condução de uma pesquisa com três estudos de caso
Confiabilidade	Certificar-se que outro pesquisador pode, a partir dos procedimentos descritos, repetir o mesmo estudo de caso	Utiliza protocolo de estudo de caso	Coleta de dados	Utilização do protocolo descrito no apêndice 1
		Desenvolve banco de dados para o estudo de caso	Coleta de dados	Registro de toda a coleta de dados e dos painéis de análise de dados

FONTE: Construído a partir de MIGUEL, 2007, p. 226 e YIN, 2005, p.55.

6 A INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA E A TECNOLOGIA BICOMBUSTÍVEL

Este capítulo, dividido em duas partes, tem como objetivo descrever o cenário onde se desenrolou o desenvolvimento do projeto estudado.

Em sua primeira parte, o capítulo apresenta um rápido histórico da formação e da interação da indústria automobilística no Brasil, com foco na relação entre sistemistas e montadoras. Na segunda parte são apresentados os antecedentes e o desenvolvimento do motor *flex fuel* percorrendo a experiência com o carro a álcool e com a injeção eletrônica.

6.1 A formação e as relações do setor

Segundo Posthuma (1997) a indústria brasileira de autopeças tem seu início nos primeiros anos do século XX, com mecânicos que produziam artesanalmente as peças de reposição para veículos importados. Entretanto, até meados da década de 1950, esse segmento não havia evoluído significativamente em termos tecnológicos, pois embora fornecesse até 30% dos componentes dos veículos (que eram importados em *kits* e montados no país), esse fornecimento era constituído de acessórios como baterias e velas de ignição, nada comparado ao nível de investimento exigido na estampagem ou na fabricação de motores (SHAPIRO, 1997).

Segundo Comin (1998), a partir da década de 1950, a confluência de fatores internos e externos fez surgir à indústria automobilística no país. No âmbito externo, teve fim à reestruturação pós-guerra do Japão e Europa, o que habilitou as empresas dessas regiões a competirem no mercado mundial com as americanas. Neste ambiente, nada mais natural do que a expansão em mercados em desenvolvimento sendo o Brasil um dos mais atraentes. Internamente, o governo brasileiro, interessado no rápido desenvolvimento econômico, criou um plano de incentivos para a substituição da importação de veículos em prol do investimento produtivo das montadoras no país. Para se beneficiar das vantagens temporárias como o mercado fechado à concorrência internacional, isenção de tarifas de importação sobre máquinas e equipamentos e empréstimos favoráveis por parte dos bancos oficiais, as montadoras deveriam fabricar automóveis que contivessem de 90 a 95% de peças nacionais. Em essência, garantia-se o mercado e um baixo custo de investimento no país.

Com a criação do GEIA (Grupo Executivo para a Indústria Automobilística), agência estatal responsável pela regulamentação da indústria na década de 1950, o mercado se fechou para as importações como forma de incentivar a indústria nacional. Neste início da formação da indústria, as montadoras multinacionais se empenharam para criar uma fonte confiável de suprimentos e estabeleceram relações de cooperação e assistência com seus fornecedores. Na década seguinte, porém o afrouxamento do controle estatal e as tensões geradas pela instabilidade política e econômica da época fizeram as montadoras responsabilizarem os fornecedores pelos altos custos da produção. A relação colaborativa da década anterior foi abandonada com as montadoras jogando os fornecedores uns contra os outros, numa tentativa de reduzir os preços (ADDIS, 1997).

Segundo Addis (1997) entre as décadas de 1970 e 1980, o Sindicato Nacional da Indústria de Peças para Veículos Automotores (Sindipeças), estruturado em torno de uma associação criada em 1952, incentivava as empresas afiliadas a criarem cartéis e a compartilharem informações sobre participação do mercado, preços cobrados e pagos pelos insumos. Os fortes cartéis que se formaram dividiam as encomendas das montadoras impondo a elas preços mais altos, criando uma gama maior de produtos lucrativos. Com isto, diminuíram a importância das pequenas e médias empresas do setor e apesar da prática, as empresas formadoras dos cartéis, em geral, eram as mais preocupadas com inovação e qualidade. Em 1979, o controle estatal foi restabelecido com a proibição das montadoras de integrarem verticalmente componentes comprados de seus fornecedores, além de limitarem suas importações. As medidas fortaleceram os cartéis e o setor de autopeças passou a se preocupar com a administração da competição de suas empresas e a busca por padrões internacionais de qualidade.

Com a abertura econômica a partir dos anos 1990, o setor passou por profundas transformações que, segundo Todelo *et al.* (2008), se caracterizaram pela saída de pequenas e frágeis empresas do mercado levando a indústria de autopeças a um processo de concentração e desnacionalização (POSTHUMA, 1997). A indústria passou por uma onda de fusões e aquisições, reduzindo o número de empresas que em 1989 era de 2000 para menos de 1000. As maiores empresas do setor, agora pertencentes a grupos multinacionais, passaram a integrar redes de fornecimento globais (o que limita o investimento direcionado ao desenvolvimento de produtos exclusivos para o mercado nacional). Todelo *et al.* (2008) destacam que, com a crescente importância atribuída aos mercados emergentes, a capacidade

de desenvolver produtos locais não deve ser subestimada como fonte de vantagem competitiva. Ainda que modestas se comparadas às iniciativas de países desenvolvidos, a pesquisa e desenvolvimento (P&D) em mercados como o brasileiro, tem se destacado por suas características diferenciadas, como a utilização em larga escala de um combustível alternativo (etanol) e sua inserção na estratégia de produtos (plataformas e modelos) adotado pelas montadoras.

Quadro 11 - - Mudanças nas relações fornecedor-montadora.

	1956-61	Meados de 1960 – final de 1970	Final de 1970 – anos 1980	Início anos 1990
Grau de abertura do mercado	Muito baixa. GEIA limitava importação para incentivar fornecedores.	Médio. Fornecedores sem controle sobre importações.	Baixo. Muitas importações bloqueadas ou atrasadas.	Alta. Tarifas reduzidas. Montadoras importam. Risco para produção doméstica
Relação Estado – Sindipeças	Leis garantem alta nacionalização e supervisão estatal.	Fornecedores desprotegidos contra integração vertical. Montadoras jogam uns contra os outros.	Formação de cartéis diante do controle estatal de preços. Resolução 69 inibe integração vertical das montadoras.	Fornecedores sem proteção. Montadoras definem preços internacionais.
Resultado das relações fornecedor – montadora	Cooperativas. Montadoras assistem fornecedores.	Conflitivas. Relações baseadas em regras de mercado.	Cooperativas e conflitivas. Cartéis de fornecedores impõem relações de longo prazo. Pequenos e médios vivem regras de mercado.	Cooperativas e conflitivas. Pequeno número de fornecedores relaciona-se cooperativamente com montadoras. Demais não atingem padrões internacionais.

Fonte: Addis (1997, p. 148)

Em 1991, já se notava o desgaste da indústria. Com vendas próximas as registradas em 1970, exportações em queda, baixo nível de investimento e competitividade e com altos custos ao longo de toda a cadeia produtiva era necessário a introdução de uma nova política para o setor. A recuperação viria em 1992 e 1993 com a assinatura de dois Acordos Automotivos que se basearam no entendimento entre trabalhadores, governo e montadoras resultaram na redução de carga tributária e redução dos lucros das montadoras com o objetivo de baratear os custos e reduzir os preços para promover a venda de veículos (SANTOS; BURITY, 2002).

Paralelamente aos acordos, por solicitação do então presidente Itamar Franco e a sinalização de isenção de impostos, criaram-se as bases para a condução de propostas de fabricação de veículos a preços “populares” com motores até 1000 cilindradas. A partir de 1993, a indústria obteve recordes de produção e vendas e com o fim da reserva para o setor de informática, em outubro de 1992, pode promover avanços significativos na eletrônica embarcada nos veículos.

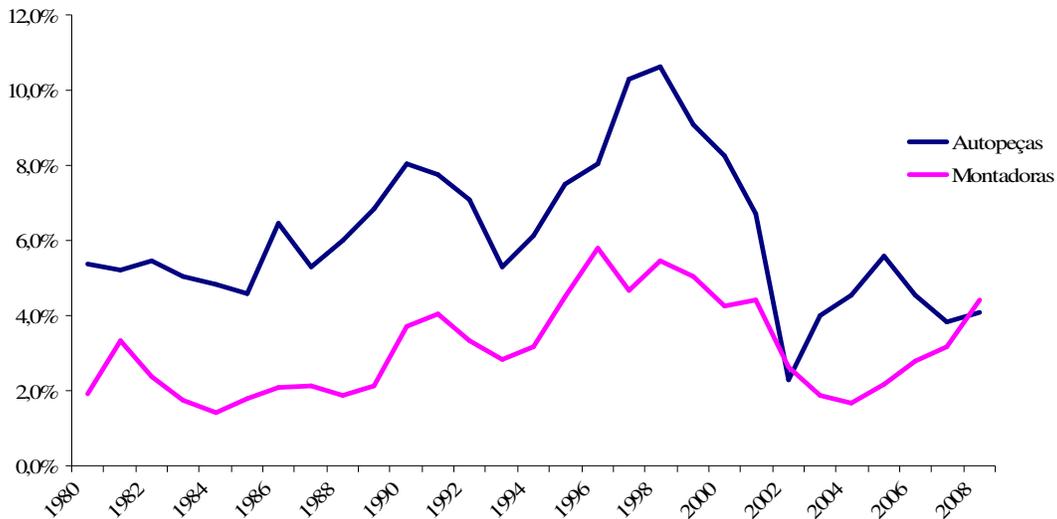


Gráfico 1 - Investimento anual da indústria expresso em % do faturamento
Fonte: ANFAVEA (2010)

Os anos que se seguiram foram marcados pelo aprofundamento da competição em escala mundial. O país experimentou a instalação de novas plantas produtivas, tanto de montadoras já instaladas, quanto de novas. Observou-se também, a expansão e/ou modernização de plantas já existentes. Os resultados colhidos deste processo foram extremamente positivos. A modernização da indústria brasileira promoveu diversos desenvolvimentos de sucesso, dentre eles, a tecnologia *flex fuel* que hoje domina o mercado automobilístico brasileiro. O novo paradigma gerencial que emergiu deste período, inspirou-se claramente na indústria japonesa (CAPUTO; ZIRPOLI, 2002), marcando o início da desintegração do processo vertical, tanto na produção, quanto no desenvolvimento de novos produtos.

O advento da chamada “modularidade”, na segunda metade dos anos 1990, transformou as relações entre montadoras e fornecedores (SALERNO *et al.* 2002). Ao transferirem aos fornecedores a função de fornecer módulos ou sistemas inteiros e não mais apenas peças, as montadoras passaram a se preocupar com a gestão da integração dos sistemas, em outras palavras, com o conhecimento sobre a arquitetura do produto. Surgiu assim uma nova

configuração de fornecimento estruturada por diversos níveis de fornecedores sendo os de primeiro nível, conhecidos como modulistas ou sistemistas, os responsáveis pelo fornecimento destes sistemas. Estes fornecedores constituídos por companhias multinacionais proprietárias de tecnologias atendem a diversas montadoras e controlam sua própria rede de fornecedores (ALVES FILHO *et al.* 2004).

Uma série de trabalhos sobre a indústria automobilística (CAPUTO; ZIRPOLI, 2002; CLARK, 1989; CLARK; FUJIMOTO, 1991; LUNG; VOLPATO, 2002; MELLO; MARX, 2007) aponta a importância da utilização de fornecedores no processo de desenvolvimento de produtos, seja por uma decisão estratégica da montadora ou pelas restrições impostas pelo novo ambiente de negócios, dentre elas, a necessidade de promover uma rápida diversificação de produtos. Estes fatores impulsionam uma maior taxa de inovação que impossibilitariam as montadoras, sozinhas, arcarem com os investimentos e competências necessários. (LUNG; VOLPATO, 2002). Em seu artigo, Clark (1989) aponta que as montadoras japonesas conduzem mais projetos e os introduzem mais rapidamente no mercado, graças à utilização de fornecedores no desenvolvimento de produtos em níveis superiores as montadoras europeias e norte-americanas. A atual aderência a uma postura *lean* passa não só pela terceirização de alguns processos de produção, mas pela terceirização de atividades de desenvolvimento de produtos, reduzindo a complexidade e o tempo de desenvolvimento (CAPUTO; ZIRPOLI, 2002).

Dentre as configurações de projetos de desenvolvimento de produtos que envolvem montadoras e fornecedores, duas são aqui destacadas: *black box* e *co-design*. O sistema *black box* permite a montadora utilizar-se do conhecimento de engenharia e da mão de obra do seu fornecedor, enquanto mantêm o controle sobre o projeto integral do veículo. Nesta situação, a montadora apresenta as especificações que são atendidas no desenvolvimento feito pelo fornecedor. Para isto, a montadora recorre a sua base homologada de fornecedores de primeiro nível para ter acesso à tecnologia a um custo relativamente baixo (CLARK; FUJIMOTO, 1991). No *co-design* os fornecedores participam do projeto se responsabilizando por somente algumas funções de processo de desenvolvimento, apresentando as soluções técnicas para a aprovação da montadora, que interage constantemente com a equipe de engenheiros dos fornecedores (MELLO; MARX, 2007). O atendimento às especificações é conduzido em conjunto.

Embora os fornecedores tenham papel importante, o relacionamento entre fornecedores e montadoras não é obviamente uma tarefa simples de ser gerenciada. Mello e Marx (2007) apontam que na cadeia automobilística, as relações comerciais se caracterizam por serem de curto prazo, pela existência da competição entre fornecedores e pela redução progressiva no custo dos contratos. Alves Filho *et al.* (2004) também apontam a disparidade de poderes nesta cadeia de suprimentos, apontando estudos empíricos conduzidos na Europa, EUA e Brasil onde a repartição equânime dos ganhos são limitadas.

Discute-se, porém, se este processo de terceirização relacionado às atividades de desenvolvimento de produtos poderia levar as montadoras a uma relação de dependência com relação aos seus fornecedores. Embora a motivação para tais relacionamentos esteja, em geral, baseada na busca por maior eficiência em custo (preocupação de curto prazo), seus efeitos a longo e médio prazo podem ser o esvaziamento do conhecimento (BECKER; ZIRPOLI, 2003). Chanaron (1998) e Lung e Volpato (2002) demonstram que os sistemistas investem pesadamente em P&D, apontando uma concentração de conhecimento nestes fornecedores e sugerindo assim o surgimento da dependência das montadoras. Esta situação poderia levar ao que Fine (1999) define como “síndrome Intel-inside”. Este raciocínio lança um novo olhar sobre as decisões *make or buy* relacionados aos processos de pesquisa e desenvolvimento de produtos, uma vez que as montadoras poderiam se tornarem dependentes por capacidade ou por conhecimento (FINE; WHITNEY, 1996). Cabe à montadora desenvolver sistemas para coordenar e integrar o conhecimento disperso na cadeia de suprimentos (BECKER; ZIRPOLI, 2003).

Caputo e Zirpoli (2002) apresentam os resultados de uma pesquisa conduzida na Fiat, demonstrando o controle exercido pela montadora e a clara motivação para promover uma competição entre seus fornecedores. Desse modo, a montadora italiana pode controlar os preços praticados, bem como, ter acesso a última palavra em tecnologia sem a necessidade de desenvolvê-la. Os fornecedores envolvidos nestas competições por contratos acabam por atender a outros clientes-montadoras. Nesse processo, há uma tendência claramente identificada por Takeishi (2001) de transferência de tecnologia e informações gerenciais de uma montadora para outra, reduzindo-se assim o diferencial entre elas. Entende-se que desta maneira, como a tecnologia rapidamente pode estar disponível a todos os *players* do mercado.

6.2 Antecedentes da tecnologia bicomcombustível

O lançamento dos veículos bicomcombustíveis reavivou o interesse pelo álcool combustível ou etanol, e tem mudado a indústria automobilística brasileira e o agronegócio da cana de açúcar. Desde então, o etanol tem despertado o interesse de investidores e grandes grupos nacionais e internacionais, além de fomentar uma sucessão de investimentos voltados para a pesquisa de inovações ligadas ao desenvolvimento de variedades e usos da planta. O álcool deixou sua condição de produto brasileiro para assumir a posição de combustível potencialmente global (SALOMÃO; ONAGA, 2006) e elevou o Brasil para o centro da discussão mundial sobre o desenvolvimento de fontes de energia limpas e renováveis.

Esta seção se propõe a recuperar trajetória do álcool combustível no Brasil – das primeiras experiências, passando pelo Proálcool até o desenvolvimento e o lançamento dos veículos bicomcombustíveis. Para atender a este objetivo serão apresentadas as características do álcool combustível e em seguida, as fases de uso deste combustível no país divididas em cinco períodos: (1) a experimentação (1920 - 1974); (2) a primeira fase do Proálcool (1975 - 1978); (3) a segunda fase do Proálcool (1979 - 1988); (4) o fim do Proálcool (1989 - 2002) e (5) o veículo bicomcombustível (a partir de 2003).

6.2.1 O álcool combustível

Na visão de Leite e Leal (2007) o interesse pelo desenvolvimento de soluções que envolvem bicomcombustíveis são muitas e eminentemente contextuais, porém se destacam a tentativa de redução da dependência do petróleo, por razões econômicas ou de segurança de suprimento e a minimização dos efeitos das emissões de poluentes, entre elas, a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera. No Brasil, o álcool combustível extraído da cana de açúcar surgiu como alternativa ao petróleo, graças à longa experiência brasileira com o cultivo da cana.

O álcool etílico pode ser obtido de biomassas classificadas em três grupos: 1) plantas e matérias ricas em açúcar (cana, beterraba, etc); 2) plantas ricas em amido (mandioca, batata, milho, etc); 3) plantas ricas em celulose (madeira, bambu, aguapé, etc). O álcool, em excesso de oxigênio, queima produzindo CO_2 e H_2O e sua utilização como combustível diminui sensivelmente a poluição ao ar, reduzindo em até 90% os gases causadores do efeito estufa emitidos pela gasolina.

Para uso automotivo, o álcool combustível ou carburante, pode ser anidro (AEAC) ou hidratado (AEHC). O álcool anidro (sem adição água) é adicionado à gasolina desde a década de 1930 (hoje numa proporção entre 20% a 25%). Já o álcool hidratado (contém em média 7% de água) começou a ser demandado no final da década de 1970.

O álcool hidratado possui alta resistência à detonação e baixo poder calorífico (gera menos energia na queima que a gasolina). Com isto, o motor pode utilizar taxa de compressão mais elevada, mas exige uma mistura ar-combustível mais rica (mais combustível). O resultado é um motor com mais potência e torque, porém com maior consumo.

O álcool combustível passou por várias fases no Brasil. A primeira, ocorreu antes mesmo do Proálcool com a indústria sucroalcooleira se dedicando exclusivamente ao plantio da cana para a geração de açúcar. Com o advento do Proálcool em 1975, a indústria viveu grande euforia, com grandes investimentos e subsídios governamentais. Com os problemas econômicos enfrentados pelo Brasil, a partir da década de 1980, e a queda dos preços internacionais do petróleo, o Proálcool esfriou e o interesse no álcool foi reduzido. O gráfico abaixo sumariza os principais marcos do setor que serão discutidos nas seções seguintes.

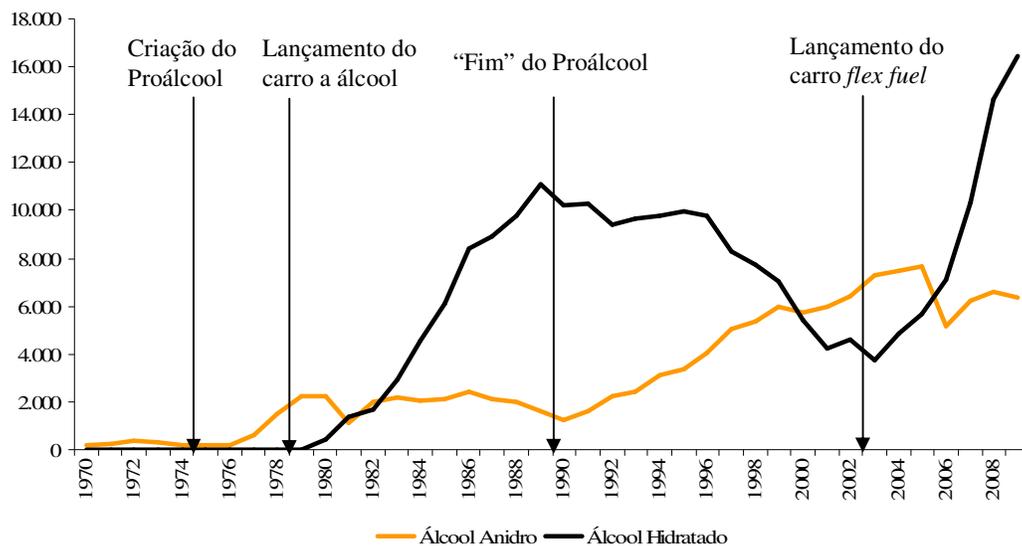


Gráfico 2: Consumo (m3) de álcool anidro e hidratado destinados ao transporte rodoviário entre 1970 e 2009
Fonte: MME (2010)

6.2.2 A experimentação (1920 - 1974)

Em 1923, tem início à pesquisa brasileira com veículos movidos a combustíveis alternativos, mais precisamente o álcool-motor, como era conhecida a mistura de álcool hidratado com derivados do petróleo, sendo que para uma maior estabilidade da mistura, o álcool hidratado era utilizado em maior proporção (DUNHAM, 2007). Nesse período, registram-se experiências conduzidas pela Estação Experimental de Combustível e Minérios (EECM) com um Ford-T movido a álcool com 38% de cachaça em sua composição, além do primeiro combustível nacional de álcool-motor, uma mistura de 55% de álcool hidratado e 45% de éter, batizado de USGA (Usina Serra Grande de Alagoas) (DUNHAM, 2007). Essa fase se caracterizou por experimentações de combustíveis com diferentes misturas, sem que se promovessem alterações nos motores (DAHAB; MÜLLER, 1986).

Com a crise de 1929, cresceu a pressão para a criação de um mercado para o álcool combustível, uma vez que, o mercado de açúcar, interno e externo, se retraiu fortemente com prejuízo para toda a indústria (DUNHAM, 2007). O então presidente, Getúlio Vargas, em defesa da produção açucareira, decreta em 20 de fevereiro de 1931, a primeira política governamental efetiva para a utilização do álcool combustível: a adição de 5% de álcool anidro na gasolina para controlar a política de preços e exportação do açúcar. Em 4 de agosto do mesmo ano, o governo cria a Comissão de Estudos sobre o Álcool-Motor (CEAM). Vargas também criaria em 1º de junho de 1933, o Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA), com o objetivo de regular esse mercado.

Durante a II Guerra Mundial, diversos países pesquisaram a utilização de álcool (derivado de milho, beterraba e outros vegetais) adicionado a gasolina. Hoje, sabe-se que o etanol de cana de açúcar é o mais eficiente com ampla vantagem frente a outras matérias-primas como o milho e a beterraba. No Brasil, problemas com o abastecimento de gasolina motivaram estudos voltados para a sua substituição pelo álcool, mas com o fim da guerra e a regularização do abastecimento de gasolina, os estudos que envolvem o álcool foram abandonados.

Em 1952, o Centro Técnico Aeroespacial (CTA), sob o comando do Professor Urbano Ernesto Stumpf, retomou as pesquisas com o álcool, incorporando em protótipos nacionais as inovações tecnológicas desenvolvidas no exterior. Durante os anos de 1965 e 1970, o CTA

testou sistematicamente motores com álcool combustível gerando contribuições inéditas nessa área do conhecimento. Primeiro, demonstrando que a principal vantagem técnica dos motores alimentados com álcool estava no seu alto rendimento global, pois transformavam 38% da energia do álcool em energia útil (contra 28% da gasolina) e segundo, estabelecendo que para um percentual acima de 20% de álcool, na mistura álcool-gasolina, seriam necessárias modificações no motor para se evitar o consumo elevado de combustível (DAHAB; MÜLLER, 1986). Nesse período, Figueiredo (2006) pontua a inexistência de registros sobre a utilização do álcool como combustível de maneira consistente, dado o interesse do governo e dos usineiros em consolidar a participação do país no mercado internacional do açúcar, relegando, assim, o álcool a um segundo plano.

6.2.3 A primeira fase do Proálcool (1975 - 1978)

Para Santos (1993) com o primeiro choque do petróleo, motivado pela redução da produção imposta pela OPEP (Organização dos países exportadores de petróleo) em 1973, imaginava-se que o álcool misturado à gasolina reduziria a dependência brasileira de petróleo, ao mesmo tempo em que, abriria novas possibilidades para a lavoura de cana de açúcar. O governo militar brasileiro entendia a dependência energética como um problema de segurança nacional e procurava meios de superar a crise (HIRA; OLIVEIRA, 2009).

Os temores com relação à vulnerabilidade energética do país, entretanto, não se confirmaram. A crise se fez sentir mais por seu impacto na balança comercial e conseqüentemente na economia, do que propriamente com a disponibilidade de petróleo. O preço pago pelo barril, saltando de US\$ 3,86 (preço médio) para US\$ 12,55 em 1974, fez o déficit nesse ano registrar a marca de US\$ 4,69 bilhões, ante um superávit em 1973 de US\$ 7 bilhões. A inflação que em 1973 foi de 15,5% passou a 34,5% no ano seguinte. Embora em março de 1974, o governo tenha admitido à importância de se reduzir a dependência de fontes externas de energia, a política energética formulada tratava o álcool apenas como uma das várias formas de reduzir o consumo de petróleo (SANTOS, 1993). Em contrapartida, a indústria brasileira do açúcar vivia um período muito positivo, em virtude da escassez do produto no mercado mundial.

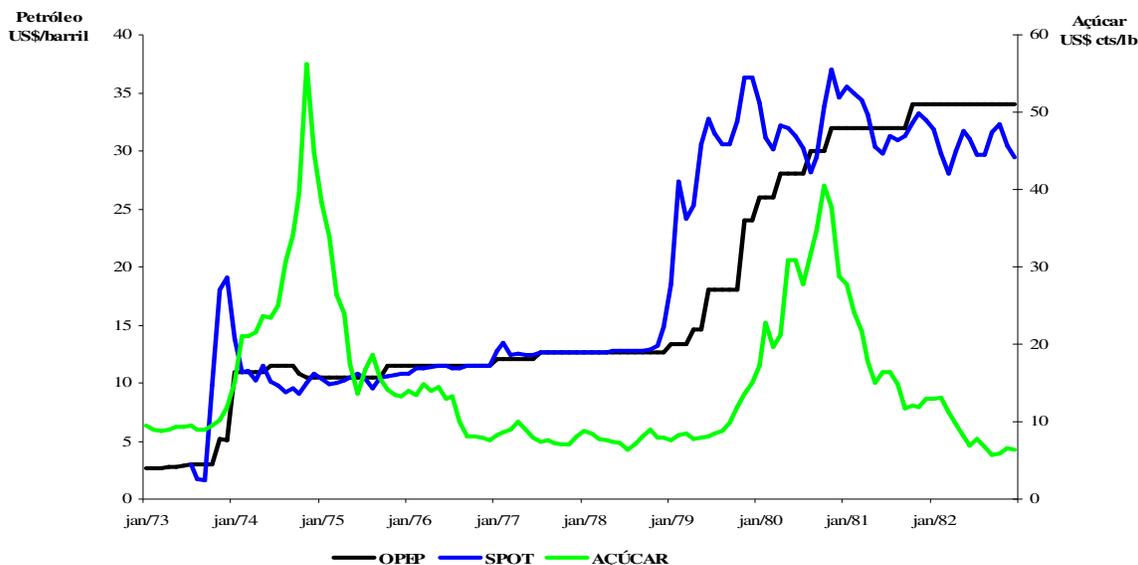


Gráfico 3: Evolução dos preços do petróleo (OPEP e Mercado Spot) e açúcar no mercado internacional
 Fonte: SANTOS (1993)

Em 1975, porém, a situação começou a se inverter. O álcool que desempenhava papel secundário para a agroindústria canavieira, se tornou atraente aos empresários do setor devido ao acentuado declínio do preço do açúcar a partir do final de 1974. O interesse também cresceu respaldado pelas previsões pessimistas em relação ao futuro do petróleo (davam conta que ele se esgotaria em meados do século XXI) e na crise de energia (BACCARIN, 2005). Em 14 de novembro de 1975, o Decreto n° 76.593 promulgou o Proálcool. Essa nova fase é marcada pela implementação da mistura do álcool anidro à gasolina a 20%. Para a mistura a essa proporção, seria necessário elevar a produção de álcool e embora a meta tenha sido alcançada três anos antes do previsto, a mistura só foi alcançada, de modo uniforme em todo o território brasileiro, em 1983 (SANTOS, 1993).

As pesquisas conduzidas no CTA concluíram que o motor ciclo Otto com álcool obteve resultado experimental com rendimento global superior à gasolina e que um motor desenhado especificamente para o álcool poderia render mais (DAHAB; MÜLLER, 1986). Mesmo com o teste promovido em 1976 pelo CTA, com três carros convertidos a álcool (um Dodge, um Fusca e um Gurgel Xavantes) que rodaram ao todo 8500 km por nove estados (o Circuito de Integração Nacional), nenhum dos fabricantes instalados no país se interessou realmente pelo projeto. Os primeiros veículos adaptados passaram a integrar frotas experimentais de órgãos do governo como a antiga Telesp (Telecomunicações de São Paulo). Coube a Volkswagen, por meio de um grupo de quinze pesquisadores alemães que iniciaram o departamento de

pesquisa e desenvolvimento (P&D), as primeiras pesquisas de conversão de motores no âmbito das montadoras. Na Ford e General Motors isso só viria a acontecer em 1978 e na Fiat entre 1977 e 1980 (DAHAB; MÜLLER, 1986).

Com o corte da produção do petróleo no Irã, provocado pela revolução islâmica que eclodiu em novembro de 1978, o barril apresentou sucessivos aumentos, elevando o preço médio que só voltaria a cair a partir de 1986. O aumento não foi maior do que o verificado no primeiro choque, mas por ter partido de uma base bem mais elevada de preço (outubro de 1973, US\$ 3,00/barril e em dezembro de 1978, US\$ 12,70/barril), os impactos na balança comercial e na inflação foram igualmente vigorosos: o déficit quase triplica e a inflação de 1978 que era de 40% passou em 1979 para 77%. O segundo choque do petróleo promoveu o álcool ao status de “combustível nacional”, sendo sua importância associada ao alívio nas contas de importação de petróleo (SANTOS, 1993).

6.2.4 A segunda fase do Proálcool (1979 - 1988)

Em seu início, o álcool de cana-de-açúcar se impôs como alternativa viável à gasolina, mas não existiam veículos a álcool originais de fábrica. Para ter o veículo movido com o novo combustível, os consumidores procuravam as oficinas de retífica para efetuar a conversão. Havia duas formas de conversão: a simplificada e a convencional. Diferenciava a segunda da primeira, a autorização concedida pelo governo para a operação da oficina. Os Centros de Apoio Tecnológicos (CATs) foram criados com base em institutos de pesquisa e universidades públicas para credenciar tecnicamente as oficinas interessadas e ajudavam a homologar procedimentos para a conversão (NIGRO; SZWARC, 2009). A conversão simplificada era sem dúvida mais barata, porém os resultados apresentados eram ruins – o veículo consumia 50% mais álcool com potência 15% inferior.

Segundo Dahab e Müller (1986) como resultado da pressão governamental, ameaçando a liberação de importações e a concessão de incentivos a entrada de novas empresas (japonesas), a indústria automobilística passou a investir seriamente visando o desenvolvimento e comercialização de automóveis movidos somente a álcool hidratado. Com isso, a indústria de autopeças direcionou esforços para o desenvolvimento de componentes adaptados especialmente para o novo motor.

Em 2 de junho de 1979, a Fiat, que recentemente havia se instalado no país, anuncia o lançamento de um veículo (o modelo 147) movido a álcool. Este novo veículo exigiu o desenvolvimento de um motor com taxa de compressão maior do que o motor a gasolina e o desenvolvimento de novos materiais resistentes à corrosão aplicados em diversos componentes do carro. Nessa época, foram criadas as divisões de pesquisa (P&D) dentro das montadoras com áreas destinadas à combustíveis alternativos. Em decorrência destas pesquisas muito se desenvolveu sobre motores alimentados por álcool, compatibilidade de materiais, utilização de plásticos, borrachas, equipamento para medir o pH do álcool, partida a frio, etc. Na década de 1980, muitas patentes foram depositadas em nome do Professor Urbano Ernesto Stumpf pelo CTA, como um carburador específico para uso do álcool (PI 8106855). Com relação à partida a frio, o problema não foi equacionado para temperaturas inferiores a 15°C. Um pequeno tanque de gasolina empregado na ignição do motor foi adaptado ao veículo para operação nessa condição. Para os demais problemas foram desenvolvidas soluções técnicas satisfatórias sendo a corrosão das partes internas do motor a mais difícil de superar (SANTOS, 1993).

Em 19 de setembro de 1979, foi assinado um protocolo entre a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) e o Governo criando os mecanismos para estimular a venda de carros a álcool. O Governo criou um Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) específico para esta nova categoria de veículos, e as montadoras, além de receberem a tecnologia desenvolvida por órgãos estatais, se comprometeram a aperfeiçoá-las para a produção em série de veículos movidos a álcool. Entre as ações conjuntas também se destacam financiamentos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), juros subsidiados e a manutenção, mediante subsídio, do preço do litro do álcool em patamares inferiores ao da gasolina.

A fase de euforia do carro a álcool foi motivada pelo início da guerra Irã-Iraque. Nessa ocasião consumidores de São Paulo esperavam dois meses para um automóvel ainda pagando um ágio para as revendas. Entre setembro e outubro de 1980, as vendas subiram 38,4% e as conversões 127% (SANTOS, 1993). O auge da produção foi atingido entre 1985 e 1986, quando a venda de veículos movidos a álcool respondia por 90% dos veículos novos comercializado no país (ANFAVEA, 2010).

Depois de 1986, a participação dos veículos a álcool caiu gradativamente em relação ao total produzido anualmente. O baixo preço do álcool e os preços atrativos no mercado internacional de açúcar incentivaram a produção e exportação de açúcar, desabastecendo o mercado interno de cana voltada para a produção de álcool. O desincentivo ao álcool também se acentuava devido à oferta de petróleo no país. Graças a programas governamentais de prospecção de novas bacias, em 1987 o Brasil já produzia 55% de sua necessidade total de petróleo (OLIVEIRA, 1991).

A falta do produto nas bombas dos postos reverteu à imagem positiva gerada pelo novo combustível, o que provocou uma queda acentuada na procura e conseqüentemente na produção de veículos a álcool, que chegaram a apenas 13% da produção total de veículos no país (ANFAVEA, 2010). Os subsídios foram reduzidos e o álcool hidratado perdeu competitividade perante a gasolina.

6.2.5 O fim do Proálcool (1989 - 2002)

Com a crise do petróleo dissipada, o mercado internacional vinha experimentando, desde 1986, uma redução no preço do barril. Além deste aspecto negativo para o álcool, o preço do açúcar havia subido no mercado internacional, o que motivou os produtores a voltarem seus esforços a esse mercado. Reduziu-se desse modo, de maneira substancial, a produção de álcool na safra de 1989 provocando o desabastecimento e a necessidade de importação do produto, levando os consumidores a um forte sentido de desconfiança em relação à continuidade do álcool como combustível.

Aliado aos problemas que envolvem a disponibilidade do combustível, dois outros fatores foram determinantes para inviabilizar o carro a álcool: o fim dos subsídios ao álcool e o carro popular. A redução dos custos de produção do álcool foi superada pela queda do preço do petróleo, tornando inviável a manutenção dos subsídios para o álcool. Com o fim do IAA em 1990 e, por conseguinte, o fim do Proálcool (mesmo que não haja um fim institucional para o programa) no governo do presidente Fernando Collor de Mello, o álcool combustível atingiu seu custo real (FIGUEIREDO, 2006). Do mesmo modo, os investimentos voltados à produção e desenvolvimento de motores até 1000 cilindradas que utilizavam como base motores fabricados na Europa e que utilizavam a gasolina como combustível, ajudaram a encerrar a procura por modelos movidos a álcool.

Além de marcar a desregulamentação do setor do álcool, os anos 1990 foram determinantes para a indústria automobilística brasileira devido à abertura do mercado por meio da liberação da importação de veículos. A exposição à concorrência mundial forçou a adaptação da indústria aos padrões observados no contexto internacional. Diversos programas de redução de custos e apoio a fornecedores foram conduzidos pelas montadoras com o objetivo de elevar os níveis de produtividade e qualidade. O país experimentou a instalação de novas plantas produtivas, tanto de montadoras já instaladas, quanto de novas. Observou-se também, a expansão e/ou modernização de plantas já existentes. O setor de autopeças também se modernizou e muitos grupos nacionais foram adquiridos por empresas de capital estrangeiro.

Em 1999, com a promulgação da lei conhecida por Frota Verde, o governo planejava a substituição da frota de veículos oficiais, por veículos movidos a combustíveis renováveis. Este incentivo elevou as vendas de veículos a álcool, que em 1997 e 1998 não chegavam a 1.000 unidades, saltando para mais de 47.000 unidades em 2002. Embora representasse um expressivo aumento, os números estavam bem distantes do auge do Proálcool. De qualquer maneira, a indústria já havia percebido o potencial do álcool, faltava apenas recuperar a confiança do consumidor que sofrerá com o desabastecimento do combustível.

6.2.6 O desenvolvimento da tecnologia bicombustível

A experiência brasileira com dois combustíveis, álcool e gasolina, motivou a Bosch, no início dos anos 1990, a apresentar ao mercado brasileiro sua tecnologia bicombustível inicialmente desenvolvida nos EUA. Enquanto o Brasil lançava o seu programa do álcool em 1975, os EUA introduziram sua regulamentação referente ao consumo de combustível de automóveis e comerciais leves, o *Corporate Average Fuel Economy* (CAFE). Neste regulamento, o governo americano obrigava as montadoras a reservar uma cota de venda de veículos econômicos para uma determinada venda de veículos que apresentavam grande consumo. Seu objetivo era reduzir a excessiva dependência americana do petróleo árabe. O governo não atingiu o objetivo esperado e um novo combustível, o metanol, passou a ser encarado como a solução para o problema.

A Ford americana, por meio da pesquisadora Roberta J. Nichols, foi a primeira montadora a converter e a fornecer veículos experimentais movidos a 100% de metanol (M100) para o governo americano em 1980. Segundo Zubrin (2007), em 1983, já eram mais de 600 veículos

rodando na Califórnia com o novo combustível. Embora o desempenho dos motores abastecidos com metanol agradasse os usuários, o maior consumo de combustível passou a ser um problema, pois reduziu a autonomia dos veículos. No início a Ford passou a projetar tanques maiores, mas esta solução esbarrava no limite de combustível que poderia ser transportado em um veículo. Como a rede de abastecimento de metanol era precária, já que não havia tantos carros para justificar o investimento em instalações para metanol (havia apenas 22 postos com o combustível em toda a Califórnia) surgiu então a ideia de ter um veículo que pudesse ser abastecido com metanol e gasolina (ZUBRIN, 2007).

Embora em 1980 já se discutisse um sistema de injeção capaz de operar com uma mistura de álcool e etanol (PEFLEY *et al.*, 1980), as primeiras pesquisas remontam a 1981, novamente conduzidas por Roberta Nichols da Ford. Em 1982, ela e sua equipe conceberam o primeiro veículo capaz de funcionar com qualquer composição dos dois combustíveis, o *flexible fuel vehicle* (FFV). O sensor (que ainda não era o sensor capacitivo que só viria a ser lançado no início dos anos 1990) fazia a leitura da quantidade de metanol na mistura que abastecia o motor e o *software* concebido para a injeção eletrônica fazia os ajustes necessários para otimizar seu funcionamento (ZUBRIN, 2007). Nichols (2003) admite que as dificuldades para conciliar materiais para a construção dos componentes do motor em contato com o metanol, foram contornadas com a ajuda dos estudos brasileiros com o etanol.

Em outubro de 1988, o Governo Federal Norte-Americano aprovou o *Alternative Motor Fuel Act* (AMFA) que introduziu incentivos para a produção de veículos movidos a combustíveis alternativos como o metanol (COLLANTES, 2008). Com o mercado trabalhando com uma especificação de combustível definida como M85 (85% de metanol e 15% de gasolina), a Ford então lança seu primeiro FFV em 1993, seguido depois por outras montadoras, a exemplo da Chrysler (NICHOLS, 2003). Mais tarde, problemas envolvendo o MTBE (éter metil-terciário butílico) adicionada a gasolina e fabricado a partir do metanol, fizeram o combustível dar lugar ao etanol, produzido do milho, e vendido com 15% de gasolina (E85).

A solução de injeção bicomcombustível tem como princípio de funcionamento, o monitoramento eletrônico constante de diversas variáveis do motor (ar, combustível, temperatura, centelha e diversos outros), que são processadas por um computador central (ECU - *Electronic Control Unit*) equipado com um *software* específico, que comanda o funcionamento do motor para cada condição de uso. Esse *software* tem suas origens no desenvolvimento da injeção

eletrônica, que substituiu totalmente os antigos carburadores de tecnologia mecânica e elétrica. Em essência, a injeção eletrônica faz um controle da combustão em ciclo fechado, permitindo ajustes de diversos parâmetros de funcionamento do motor em frações de segundo, a distribuição correta do combustível nos cilindros e o momento exato para a vela produzir a centelha. Esse desenvolvimento permitiu, também, um melhor desempenho dos motores e redução das emissões de poluentes.

A injeção eletrônica, que conjuntamente com o *know how* do carro a álcool, possibilitou o lançamento do veículo *flex fuel*, começou a ser desenvolvida no país na década de 1970 e foi apresentada em uma versão analógica, no Salão do Automóvel de 1988 equipando um Volkswagen Gol, modelo GTi. Apenas no início dos anos 1990, com o fim da reserva de mercado (prevista na lei de informática e que garantia o mercado para as empresas de capital nacional) é que a injeção eletrônica digital pode ser aplicada nos veículos do país. Com a reserva estabelecida em lei, o desenvolvimento de componentes apoiava-se em uma política de proteção ao similar nacional, em geral, tecnologicamente muito atrasado em relação aos países desenvolvidos.

Desde 6 de maio de 1986, por meio da Resolução nº 18 do Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente), que criou o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve), o Brasil fixou diretrizes básicas para os limites de emissões. Em 28 de outubro de 1993, a Lei nº. 8.723 endossou a obrigatoriedade de se tomarem as providências necessárias para reduzir os níveis de emissão dos poluentes de origem veicular. O principal objetivo do programa é reduzir a contaminação atmosférica por meio da fixação de limites máximos de emissão, induzindo o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes e determinando que os veículos e motores atendam àqueles limites máximos. Além da injeção eletrônica, a introdução dos catalisadores contribuiu para o cumprimento das metas estabelecidas pelo governo. Para se ter uma ideia, o limite de emissão de monóxido de carbono, definido para veículos leves na primeira fase do programa (1988), era de 24 g/km. Em 1992, esse limite foi reduzido pela metade e a partir de 1997, se manteve em 2 g/km com perspectivas de redução para a sexta fase prevista para 2014 e 2015.

O grande desafio da injeção bicombustível, em comparação à injeção de gasolina (E25) ou álcool puro (E100), é a rápida detecção e ajuste do motor a cada mudança de mistura gasolina-álcool. A solução para a injeção bicombustível, desenvolvida nos EUA, fazia uso de

um sensor capacitivo instalado no sistema de alimentação de combustível do motor que detectava a proporção gasolina-álcool antes da queima. O sensor físico reconhece a mistura utilizada no combustível e com base nessa informação, é realizado o ajuste do motor a melhor condição de utilização.

A solução brasileira para o sistema dispensou o sensor capacitivo e a detecção da proporção álcool-gasolina passou a ocorrer após a queima do combustível, por meio do sensor de oxigênio (também chamado de sonda lambda) posicionado no tubo de escape. Esse sensor mede a quantidade de oxigênio identificando assim a composição do combustível. Para cada composição, o controle do motor (*software*) processa a informação e regula os parâmetros de seu funcionamento, de modo a maximizar o seu desempenho. Para isso, foi necessário desenvolver significativamente a inteligência do *software* inserido na memória da ECU. Mesmo com a solução delineada em 1994, o desinteresse das montadoras pelo álcool inviabilizou o lançamento do carro *flex fuel*.

No final dos anos 1990, início de 2000, com a estabilização do preço do álcool (50% do valor do preço da gasolina) e a discussão internacional acerca das mudanças climáticas (assinatura do tratado de Quioto), o álcool passou a ser destacado na mídia como um combustível ecológica e comercialmente mais interessante. Uma série de conversões de motores a gasolina para o álcool, observadas em 2001, convenceram as montadoras que a solução *flex fuel* poderia ser, no mínimo, testada.

Em 3 de maio de 2002, a Ford apresentou o seu modelo Fiesta equipado com a tecnologia. O veículo, porém não entrou em produção, mas acelerou a corrida para o lançamento de motores bicompostíveis. A cadeia produtiva de automóveis iniciou então uma pressão sobre os órgãos competentes para a elaboração de um regulamento específico de emissões para esses motores. A Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (Cetesb) liderou a elaboração desse regulamento com a participação de montadoras e de fornecedores do sistema. Em novembro de 2002, o governo federal promulgou um regulamento de emissão para motores equipados com a tecnologia bicompostível. Paralelamente, as negociações entre as montadoras e o governo federal evoluíam no sentido de ampliar a extensão dos benefícios fiscais do carro a álcool para os carros bicompostível, até que um acordo foi finalmente concluído.

Em 24 de abril de 2003, a VW anuncia o lançamento do seu Gol 1.6 litros bicomcombustível com a solução da Magneti Marelli, seguida da GM em junho com o seu Corsa 1.8 litros com sistema Delphi e em setembro do mesmo ano, a VW com seu Polo equipado com o sistema Bosch. Segue-se a partir daí uma sucessão de lançamentos: Fiat em outubro de 2003, Ford em julho de 2004, Renault em outubro de 2004, Peugeot em março de 2005, Honda em novembro de 2006, Toyota em maio de 2007 e Nissan em março de 2009. A primeira geração de veículos *flex fuel* teve um desenvolvimento voltado ao atendimento dos limites de emissão e uma pequena preocupação com o consumo de etanol, uma realidade que vem sendo alterada e incorporada nos novos lançamentos (NIGRO; SZWARC, 2009).

6.3 Síntese

Carvalho (2008) aponta que a corrida tecnológica para motores mais eficientes é impulsionada pelos limites de emissão de poluentes decretados em todo o mundo. No caso brasileiro, com limites inferiores aos fixados em relação aos países desenvolvidos, o álcool combustível e a tecnologia *flex fuel* se inserem nesse esforço, ao lado do crescente aumento da eletrônica embarcada nos veículos.

Uma série de importantes desenvolvimentos, envolvendo o álcool combustível, levou o país a construir competências que transformaram os centros de pesquisa de muitas montadoras e sistemistas em referências mundiais para projetos que envolvem combustíveis alternativos. Os impactos a longo prazo do Proálcool também puderam ser notados na relação entre as empresas instaladas no país e suas matrizes no exterior. O país deixou de ser apenas centro de aplicação para ser também centro de desenvolvimento de novas tecnologias. Outro resultado observado na trajetória do álcool e também consequência da expansão experimentada pela indústria foi a capacitação dos fornecedores, sobretudo por exercer um papel mais relevante no desenvolvimento de novos produtos para as montadoras, como a pesquisa para o sistema *flex fuel* que partiu dos fornecedores e não das montadoras.

A trajetória descrita neste capítulo também ilustra a estratégia das montadoras em cenários de incerteza. Segundo Santos (1993) na ocasião do Proálcool as montadoras instaladas no país, tirando proveito do seu porte econômico, tiveram a oportunidade de esperar a resolução da situação do álcool para poder decidir que caminho tomar. Acabaram cedendo às pressões governamentais e a demanda puxada pelos consumidores. Processo similar pode ser

observado no desenvolvimento do veículo *flex fuel*. No início, mesmo considerando que os problemas técnicos que impossibilitavam seu lançamento estivessem quase que totalmente resolvidos, as montadoras duvidavam do sucesso comercial do produto. Havia uma grande insegurança com relação à viabilidade do novo carro, principalmente, em função da percepção do consumidor sobre o valor de revenda do veículo. Mais uma vez, as montadoras decidiram esperar. Somente quando o governo reduziu o IPI dos veículos *flex fuel* é que a indústria se motivou a lançar o produto.

Como em muitos setores, a utilização de sistemas eletrônicos está expandindo rapidamente (CARVALHO, 2008). Em um veículo, diversas funções são controladas por estes sistemas o que fez a eletrônica embarcada saltar de 10% do custo de um veículo em 2000, para algo como 40% até 2015. Esta tendência tem deslocado o conhecimento para os sistemistas e a competição entre eles, promovida pela montadora, é a forma utilizada para acessá-lo. O desenvolvimento da tecnologia *flex fuel* ilustra esta situação, sobretudo pela coordenação executada por VW e GM promovendo a concorrência entre os seus sistemistas. Esta prática garantiu a elas o acesso a tecnologia ao melhor preço e prazo. O *design* que emergiu como solução para a tecnologia *flex* se valeu do custo, via sonda lambda, em detrimento da melhor solução técnica proporcionada pelo sensor capacitivo, ao mesmo tempo em que a solução estava pronta em todos os três principais sistemistas do mercado. A Bosch, que liderou o desenvolvimento, não pode impingir às montadoras a sua tecnologia e iniciativa.

7 ESTUDOS DE CASO

Este capítulo apresenta cada um dos projetos executados pelas três empresas pioneiras no desenvolvimento da tecnologia *flex fuel* no Brasil. Cada caso está dividido por três seções. A primeira descreve brevemente a empresa estudada, a segunda apresenta o desenvolvimento do projeto do sistema bicomustível e uma última parte foi destinada aos resultados alcançados pela empresa após o lançamento da tecnologia, com alguns direcionamentos de ações futuras.

7.1 O caso Bosch

7.1.1 A empresa

Fundada em Stuttgart na Alemanha em 1886, por Robert Bosch, a empresa está presente em 50 países com 300 unidades. No Brasil, a operação foi iniciada em 1954, faturou em 2009 US\$ 2,509 bilhões e emprega mais de 9 mil funcionários fornecendo componentes e sistemas para a indústria automobilística. Todos os anos, o grupo Bosch investe mais de €3 bilhões em pesquisa e desenvolvimento (P&D) mais de 3.000 patentes em todo o mundo. A Bosch possui 80 centros de competência espalhados pelo mundo, sendo o Brasil referência para sistemas bicomustível e diesel desde 2006.

Atualmente, a empresa apresenta uma estrutura organizacional complexa que começou a ser planejada em 1999 e concluída em 2002. As alterações refletem o crescimento da operação brasileira. Na área de tecnologia automotiva, as áreas de negócio que se reportam ao vice-presidente para a América Latina são:

- *Gasoline Systems* (GS);
- *Diesel Systems* (DS);
- *Chassis Systems – Brakes* (CB);
- *Chassis Systems – Control* (CC);
- *Electrical Drives* (ED);
- *Starter Motors and Generators* (SG);
- *Automotive Aftermarket* (AA)

A divisão de GS divide-se na fase de desenvolvimento de produtos nos departamentos de compras (PUR), qualidade (QMM), fábrica (MFG), engenharia de aplicação (EAP) e engenharia de produto (ENG), contando ainda com áreas de vendas, logística, controladoria, manutenção, entre outras.

A EAP faz a interface com a montadora sendo responsável pela tecnologia eletrônica (*software* e *hardware*) e aplicação. A ENG divide-se em: *air management* (AM), *sensor ignition* (SI), *fuel injection* (FI) e *fuel system* (FS), esta última responsável pelo desenvolvimento de uma solução (bomba de combustível) que domina 95% do mercado brasileiro.

A Bosch brasileira caracteriza-se por buscar soluções robustas de engenharia, fruto da forte ligação da subsidiária com a matriz e se esforça em compreender profundamente os problemas enfrentados. Observa-se isso, desde o momento que a organização pretende se instalar em um novo mercado. Para iniciar suas operações, a Bosch primeiro procura entender muito bem as características e demandas locais, num mergulho em sua cultura. Essa preocupação leva a companhia a se estruturar e estar apta a oferecer produtos compatíveis com as necessidades do mercado.

Referência no segmento de tecnologia de gerenciamento de motores, a Bosch trabalha com sistemas de injeção eletrônica na Europa desde os anos 1950 (AMEY, 1995) e a partir dos anos 1980 passou a enxergar novos mercados, sendo o Brasil um candidato promissor para a adoção desta tecnologia. Quando se instalou no país, a empresa atuava basicamente com pesquisa de materiais e homologação de fornecedores, o que mais tarde deu origem ao laboratório de engenharia de materiais para estudar robustez de componentes e tratamentos superficiais que pudessem resistir ao álcool.

O início das operações relacionadas a sistemas eletrônicos embarcados, como a ignição e a injeção, começou a partir de 1983, com uma equipe com sete engenheiros (atualmente são mais de 400) de diferentes áreas como mecânica, materiais e eletrônica. Começou assim as atividades de P&D (ênfase no desenvolvimento, não tanto em pesquisa) com sistemas de combustível, embora a empresa já tivesse no Brasil, alguma experiência com atividade de pesquisa relacionada ao Diesel. Para a estruturação do novo departamento, engenheiros da matriz vieram trabalhar no Brasil e os primeiros engenheiros eletrônicos brasileiros foram

contratados. A qualificação da mão de obra se deu basicamente de duas maneiras: intercâmbio com a matriz, com o envio de engenheiros para a Alemanha, e treinamento para integrar os engenheiros em todos os sistemas comercializados pela companhia. Entre os esforços de P&D, a Bosch firmou parcerias com empresas do setor de combustíveis (Coopersucar, Petrobrás), universidades (UNICAMP, São Carlos) e institutos de pesquisa (IPT) para estudos e utilização de instalações (laboratórios) para testes e experimentos.

Na década de 1980, a organização ainda não era estruturada em divisões de negócios e as áreas de engenharia, que se reportavam a um dos engenheiros vindos da matriz, eram divididas em quatro áreas:

- EPR1 – engenharia de produtos eletrônicos (ignição, injeção, etc);
- EPR2 – componentes eletromecânicos (alternador e motor de partida) e laboratórios de confiabilidade, durabilidade e avaliação funcional;
- EPR3 – componentes da injeção eletrônica e aplicação;
- EPR4 – engenharia de produtos eletromecânicos do sistema de injeção.

A partir de 1996, a Alemanha sofreu com a falta de mão de obra qualificada, mais precisamente engenheiros. Um acordo com a unidade brasileira possibilitou que engenheiros de nível sênior fossem contratados pela matriz, e em troca, dois engenheiros juniores poderiam ser contratados e treinados pela Bosch Brasil. Recrutados principalmente da UNICAMP, esses engenheiros, após 2 ou 3 anos, estavam prontos para serem enviados para a Alemanha. Este intercâmbio, que durou aproximadamente 6 anos, propiciou a multiplicação de mão de obra especializada. Atualmente, esses engenheiros com experiência internacional, ocupam posições gerenciais na filial brasileira e são requisitados para projetos em outras unidades como Coréia e Japão.

Um dos diferenciais da Bosch é o investimento na formação de sua mão de obra. Para se ter uma ideia, desde a década de 1960, a Bosch mantém parceria com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e abriga em suas dependências uma escola técnica (Programa de Aprendizagem Industrial Bosch) para a formação de jovens profissionais. Os estudantes mais promissores integram os programas de estágio da companhia e depois são incentivados a se matricularem em cursos noturnos de engenharia para complemento de sua

formação. Em nível superior, além do intercâmbio com a matriz, a empresa mantém programas regulares de contratação de trainees que passam em um período de dois anos por diversos setores da empresa antes de serem contratados por áreas como P&D. Os programas da Bosch de desenvolvimento de seus engenheiros são reconhecidos pelo mercado, pois não é raro que durante um ano, cerca de 25% dos funcionários deixem um departamento de engenharia para trabalhar nos concorrentes.

Hoje, o contexto de gerenciamento de projetos na Bosch envolve grande complexidade. Os novos procedimentos, as competências desenvolvidas em diferentes subsidiárias (a empresa possui um banco de dados com relatórios de desenvolvimento do mundo inteiro) e as diversas linhas de reporte, imprimiram uma burocracia maior ao processo de desenvolvimento de novos produtos. Porém, esse processo é visto como necessário, em virtude da exigência de controles que uma empresa global (que apresentou expressivo crescimento) deve ter.

Os projetos na empresa podem ser divididos em três grandes grupos. O primeiro e principal (pela quantidade de horas demandadas e investimentos requeridos) são os projetos direcionados a clientes, que podem ser resumidos nas aplicações contratadas pelas montadoras. O segundo grupo que recebe mais investimentos é o que pode ser chamado de Plataforma, que compreende projetos de longo prazo com soluções que poderão (ou não) ser aplicadas nos clientes no futuro. Não há, portanto a certeza que o investimento será retornado. Por fim, os projetos ligados a processos que envolvem a melhoria das relações com fornecedores internos e externos.

7.1.2 O projeto *flex fuel*

O resultado do esforço para estruturar a área de P&D foi o lançamento da primeira injeção eletrônica, em sua versão analógica *multi point*, no final dos anos 1980, motivada, sobretudo, pela introdução em 1986, do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve), que passou a regular os limites de emissões de poluentes de origem veicular.

A P&D de sistemas de injeção cresceu com a demanda e para atendê-la foram feitos investimentos em linhas de produção a partir de 1996: central eletrônica, bicos injetores, sensores, bobinas, bombas de combustível e em nacionalização de produtos. A meta da

companhia era atingir 25% do mercado de injeção eletrônica, pois nesta ocasião a Bosch era o único fornecedor neutro no mercado competindo com sistemas fornecidos por *in house divisions* (que mais tarde se tornariam Delphi, Visteon e outras). Os objetivos de mercado vinham sendo cumpridos com grande prejuízo, sobretudo pelos investimentos realizados e o baixo volume experimentado pelo mercado brasileiro até meados dos anos 1990. Apenas em 2000 a empresa atingiu o *break-even* nesse segmento.

A reserva de mercado prevista na antiga Lei da Informática (restringia a importação de *hardware* e *software* em favor do desenvolvimento da indústria nacional) impediu o rápido desenvolvimento dos sistemas digitais na indústria automobilística. Com seu fim em 1991, funcionários da filial brasileira foram enviados a Alemanha para treinamento (*hardware*, calibração, algoritmos, etc) dos sistemas de injeção e ignição eletrônica digitais. Até essa data, a requisição de algoritmos era feita para a Alemanha que os enviava prontos para o Brasil. Esse treinamento (o clássico *learnig by doing*) estava ligado a um projeto brasileiro em desenvolvimento para a Autolatina (*joint venture* entre Ford e VW entre 1987 e 1996 para o mercado brasileiro e argentino) para o fornecimento da solução *multi point* digital aplicado no sistema de gerenciamento de motor.

Nessa época, a equipe de P&D brasileira teve acesso a um projeto desenvolvido pela Bosch alemã para a BMW, que consistia em um veículo *flex fuel* voltado para o mercado americano. O motor era equipado com uma *electronic control unit* (ECU) que estava ligada a um sensor capacitivo, capaz de informar qual a mistura de combustível utilizada (entre gasolina e metanol) para a correta regulação do motor. Com o fim da iniciativa americana que envolvia o metanol, o carro não entrou em produção. Essa experiência, somada à adição de 22% de álcool anidro na gasolina brasileira (E22), que forçou os fornecedores de sistemas de injeção a desenvolverem soluções para melhorar o desempenho do motor, via utilização de sensores, foram os motivadores para a ideia de um veículo capaz de rodar com gasolina e álcool. Reforçou o conceito, a crise de abastecimento do álcool e as dificuldades enfrentadas por consumidores de veículos movidos com o combustível, sendo marcante a reportagem de um taxista, revoltado pela falta de combustível, que em protesto, incendiou seu carro em frente ao congresso nacional em Brasília.

A mistura de álcool etílico hidratado (4% de água), álcool anidro e gasolina era, entretanto, desacreditada, mas a partir de um estudo publicado pelo físico, matemático e químico Josiah

W. Gibbs, a equipe da Bosch mostrou a viabilidade da mistura, graças à miscibilidade de álcool etílico, gasolina e água em temperaturas superiores a -12°C (BORTOLOZZO *et al.*, 1993), o que é perfeitamente aceitável em um país de clima tropical como o Brasil. Este foi o aval que a equipe precisava para iniciar o desenvolvimento do sistema bicombustível demonstrando que em tese, o projeto era tecnicamente viável.

O pequeno grupo de engenheiros, que trabalhava no projeto para a Autolatina, recebeu a notícia que a Ford havia optado pela utilização de um fornecedor americano para o desenvolvimento da solução que estava sendo oferecida. Uma parte desta equipe original (oito engenheiros) passou a se dedicar então ao projeto do sistema *flex fuel*, após o convencimento da diretoria que o álcool ainda poderia ser uma opção interessante de combustível em um futuro próximo.

A reunião de *kick-off* do projeto ocorreu na matriz e contou com a participação dos engenheiros que desenvolveram a solução para a BMW, entretanto, na avaliação da equipe brasileira, o conhecimento disponível na matriz sobre o tema, era ainda superficial e que muita coisa precisaria ser desenvolvida para viabilizar o sistema *flex fuel* brasileiro. No Natal de 1992, teve início o desenvolvimento do algoritmo do *software* da ECU *flex fuel* utilizando a experiência da engenharia alemã com sistemas de injeção e o banco de dados que a companhia mantinha na matriz. A base para o desenvolvimento foi o algoritmo para a injeção eletrônica do motor a álcool. Estima-se que as modificações necessárias nas funções do *software* foram em torno de 15 a 20% do original com a introdução de 5 a 10% de inovações no sistema. A equipe iniciou os trabalhos estudando a solução americana com “sensor metanol” (capacitivo) fornecido pela JECS (*Japanese Electronic Control System*) em um motor BMW seis cilindros. Em paralelo, outro estudo foi conduzido com um Jetta da Volkswagen, utilizando um sensor lambda. A própria Volkswagen realizava testes com o mesmo modelo, porém com “sensor metanol”.

Algum tempo depois, já no Brasil, a equipe teve acesso ao lançamento do Ômega equipado com injeção *multi point* em suas duas versões, álcool e gasolina. Considerando principalmente o tipo de injeção e as adaptações feitas para o carro rodar com álcool, este veículo foi a base para a solução *flex fuel*. Os engenheiros começaram pelo estudo comparativo entre as características da injeção para álcool e gasolina, identificando os pontos em comum e as diferenças que poderiam ser superadas e/ou complementadas. Esse estudo envolveu a busca

de soluções específicas junto a engenheiros da matriz com competências desenvolvidas para alguns componentes. O desafio para a equipe era desenvolver um sistema com resultados que superassem os parâmetros funcionais dos motores a álcool e gasolina existentes na ocasião.

O grande laboratório da empresa foi o protótipo *flex fuel* utilizando o Ômega. O carro equipado com uma ECU e algoritmo para ajuste do motor (conforme o tipo de combustível) e um sensor capacitivo (que fazia o reconhecimento do combustível) incorporava como *backup* o sensor de oxigênio (sonda lambda). Os primeiros resultados foram publicados em 1994 (CASTRO; KOSTER; FRANIECK, 1994) e cinco anos depois, após rodar 260.000 km, o carro foi desmontado e todos os componentes analisados. A General Motors (GM) foi convidada e teve acesso aos dados coletados. O aprendizado foi acrescido com o estudo de diversos *papers* relacionados com o projeto e com a condução de experimentos realizados nas bancadas de testes.

O roteiro de desenvolvimento de produtos do projeto consistia em um *check list*. Para algumas etapas era necessário produzir um relatório de desenvolvimento que era arquivado para futuras consultas. Embora fosse necessária a aprovação do *budget* pela matriz, o projeto seguiu num ritmo relativamente rápido, pois as equipes eram menores e com liderança centralizada. Embora as reuniões informais (ex. bate-papo na hora do café) tivessem resultado em algumas ideias para o projeto, as principais discussões e iniciativas surgiram nas reuniões formais da equipe junto a gerência da área, considerado um líder aberto a experimentação de novos conceitos.

Uma grande dificuldade no projeto foi a bomba de combustível. O chicote elétrico para ela contou com ajuda de um fornecedor nacional, outras soluções envolveram outras áreas que detinham conhecimentos específicos sobre alguns de seus componentes. Hoje, esse desenvolvimento equipa 95% dos carros *flex fuel* produzidos no país.

Entre meados dos anos 1990 e início dos anos 2000, o descrédito em relação ao álcool combustível e as atenções das montadoras voltadas para os chamados “carros populares” (veículos até 1000 cilindradas) retardaram os projetos para um veículo bicombustível. Por volta de 1996 e 1997, a Bosch arquivou seu projeto *flex fuel*. Porém, no início dos anos 2000, o mercado começou a retomar seu interesse pelo álcool. O sinal mais evidente viria com a onda de conversões observadas no mercado paralelo. O preço mais baixo do álcool motivou

os motoristas a converterem carros a gasolina para o álcool. Os mais ousados simplesmente passaram a utilizar uma mistura de ambos os combustíveis que foi apelidada de rabo de galo. A Bosch percebeu a oportunidade e programou uma série de apresentações para convencer os usineiros (produtores de álcool), governos estaduais e governo federal da viabilidade da ideia de um veículo *flex fuel*. Com a sinalização que o governo federal poderia promover incentivos (mediante redução de impostos) para o carro bicombustível, o mercado começou a se envolver mais diretamente com o desenvolvimento do sistema. A estratégia da Bosch estava centrada no lançamento conjunto com outros sistemistas para alavancar o mercado.

A equipe do desenvolvimento do Ômega, em conjunto com técnicos da Alemanha, retomou o projeto e passou a trabalhar em um novo sistema. A complexidade, porém era muito maior. Para se ter uma ideia, em 1992, o responsável pelo algoritmo conhecia todo o *software*. Com o aumento das funcionalidades exigidas, o *software* desenvolvido havia se tornado muito complexo em 2000 e era impossível conhecê-lo por completo. O sistema já era construído de maneira modular, tendo na Alemanha um responsável mundial por cada função do *software*: detonação, partida, pós-partida, ignição, injeção, supervisão do pedal, etc. Com isto, foi necessário revalidar o conceito de 1992, discutindo o *design* do *software* com cada um dos especialistas (responsáveis por cada função do algoritmo) para depois integrar todos os módulos e constituir o algoritmo *flex fuel*. Após esta primeira viagem, a equipe voltou ao Brasil, desenvolveu, implementou e testou o sistema e depois de oito meses, retornou para a Alemanha para mais uma rodada de discussões. O fechamento deste trabalho na matriz envolveu todos os especialistas e a equipe brasileira em uma reunião para validação geral do *software*.

Em 2002, com o provável lançamento de motores equipados com a tecnologia bicombustível, a cadeia produtiva de automóveis iniciou a pressão sobre os órgãos competentes para a elaboração de um regulamento de emissões para esses motores. A Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (Cetesb) com a participação de montadoras e de fornecedores do sistema, em novembro do mesmo ano, atuou junto ao governo federal que promulgou um regulamento de emissão para motores equipados com a tecnologia bicombustível. Em 2003, a Bosch foi preterida no desenvolvimento do primeiro carro *flex fuel* lançado pela VW. Seu projeto junto à montadora em um carro Polo (motor EA-111) ficou em segundo plano. O projeto *flex fuel* da Bosch foi ofertado com a solução equipada com o sensor capacitivo, que em termo técnicos e de confiabilidade do sistema é superior à solução com sensor de

oxigênio. A Bosch só seguiu em frente com a solução por meio do sensor de oxigênio, após o aceite da montadora com relação aos riscos do projeto.

De modo geral, a Bosch opta pelo desenvolvimento e produção de todos os componentes que comercializa. No desenvolvimento da tecnologia *flex fuel* não houve o envolvimento significativo de fornecedores no projeto. Em alguns momentos, como no caso da bomba e dos sensores capacitivos (quando a JECS participou com algumas ideias) houve esse envolvimento. Alguns grupos de trabalhos foram formados entre as engenharias da Bosch e de algumas montadoras, além da UNICA e Petrobrás, utilizando das especialidades de cada um para viabilizar um resultado mais rápido na detecção de contaminações do combustível, como minimizá-las e como tornar os produtos mais robustos (a linha de combustível como um todo: bomba, filtro de combustível, etc).

Recentemente, existem casos de engenharia simultânea quando o fornecedor está presente desde o início do projeto, ajudando por vezes na solução técnica. Com seus clientes aprende muito sobre tecnologia de motores, seja no momento da calibração, em reuniões de projeto e nos *feedbacks* recebidos após análise crítica de seus relatórios técnicos.

A Bosch possui um grupo dedicado a investigação do que ocorre em campo. Seu trabalho consiste em analisar não conformidades para que, junto com a montadora, possa oferecer soluções de melhoria para os problemas apresentados. A empresa estabelece para seus produtos a chamada, visão de confiabilidade, definida por parâmetros como a vida útil do componente de 10 anos ou 240.000 km garantida por meio de um grande número de testes descritos no processo de desenvolvimento da empresa. Embora os testes conduzidos pela Bosch rivalizem em abrangência com os exigidos pelas montadoras, aplicados nos processos de homologação, a empresa tem, desde 2002, incorporado situações de campo para preparar novos testes em eventos antes não previstos em projeto. As principais montadoras também adotam padrão similar para condução de testes para a homologação de aplicações com álcool no Brasil. Com o término do desenvolvimento, uma equipe que fez parte do projeto permaneceu ativa por seis meses acompanhando o produto junto à produção e sua aplicação nos clientes. Ao final, uma reunião de fechamento de projeto foi conduzida, os resultados apresentados e as lições aprendidas registradas em um relatório. Peças coletadas no campo com problemas de qualidade foram analisadas pelo pessoal da garantia que investigam a causa raiz dos problemas, que depois é incorporada a FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).

7.1.3 Considerações finais

O desenvolvimento do sistema *flex fuel* possibilitou a Bosch a conquista de novos clientes. A carteira composta por VW, GM e Fiat foi reforçada com as aplicações na Nissan, PSA e Honda. Esta última foi convencida a testar um Fit aplicado com a tecnologia *flex fuel* durante um *cocktail* num encontro dos fornecedores da montadora japonesa. Foi, porém com o desenvolvimento da bomba de combustível para o sistema, que a Bosch conseguiu conquistar todas as montadoras instaladas no país, possibilitando a venda de outros sistemas e a possibilidade de atender em alguns projetos a matriz e outras subsidiárias destas empresas que antes não eram atendidas.

Esse desenvolvimento sugere o acerto dos investimentos realizados em meados da década de 1980, que tornaram toda a estrutura de laboratórios da empresa, em conjunto com a vocação e dedicação de seu pessoal, o diferencial da companhia expresso na tecnologia e robustez de seus produtos. A redução no ritmo de patentes reconhecidas da empresa, nos últimos anos, pode ser explicada pelo aumento nos projetos demandados pelos clientes e não pela redução nos investimentos em P&D. A preocupação quanto à retenção do conhecimento gerado pela empresa não se resume apenas as patentes depositadas. Ela permeia as normas e procedimentos da companhia, que assegura que parte do conhecimento tácito de seus engenheiros, seja incorporada pela empresa por meio de registros que notificam qualquer especificidade do projeto durante o seu desenvolvimento.

O último desenvolvimento relevante para o sistema bicomcombustível é a partida a frio (até -5°C) que dispensa o reservatório de gasolina para a partida a álcool (o chamado “tanquinho” localizado na parte dianteira do veículo), graças ao aquecimento prévio do álcool dentro da galeria de combustível. O *software* da unidade de comando aciona a unidade de controle de aquecimento, que por sua vez, aciona os elementos de aquecimento. Batizado de sistema Flex Start[®], a inovação lançada em 2009, teve seus estudos iniciados há 30 anos. A tecnologia disponível no passado e o desestímulo ao carro a álcool fizeram com que as pesquisas se arrastassem por anos. Neste período, a Bosch recebe propostas de diversos inventores para a solução de partida a frio, porém nenhum esforço foi feito neste sentido. Apenas com o sucesso comercial dos carros bicomcombustível é que o projeto pode ser retomado. Em 2006, a Bosch nomeou o líder do projeto, orçamento e metas e a partir dos primeiros esboços feitos no CAD (*computer aided design*), a equipe brasileira adaptou a tecnologia de sua divisão de

motores diesel, a partir do desenvolvimento de uma central eletrônica na Alemanha. Para a produção do sistema, a Bosch importa e “tropicaliza” componentes da Malásia, que envolvem a mudança em algoritmos, especificações, adaptação da vela do diesel para o motor a álcool entre outras alterações.

O desenvolvimento do sistema bicomustível trouxe credibilidade à equipe de P&D no Brasil e confirma a competência da Bosch em projetos de engenharia complexos, a exemplo do sistema *drive by wire* para a Fiat. Seus engenheiros integram times de P&D globais com expressiva participação em projetos na China e Índia. Em muitos projetos, o departamento de engenharia das montadoras não possui o conhecimento necessário para o desenvolvimento de alguns componentes e/ou sistemas, necessitando do envolvimento da engenharia da Bosch para orientar e propor soluções mais interessantes.

Recentemente, a equipe de P&D brasileira ganhou o prêmio de inovação na Bosch Alemanha pelo projeto Flex Start[®]. Essa foi a primeira vez que o prêmio é concedido a uma equipe fora da Alemanha. Em 2005, conquistaram também o Premio FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) de inovação tecnológica pelo desenvolvimento da tecnologia bicomustível.

A subsidiária brasileira se tornou centro de competência no desenvolvimento de soluções para combustíveis alternativos, ao mesmo tempo em que exporta mais engenheiros para projetos globais, tem enfrentado os desafios impostos pela globalização do conhecimento na indústria. As montadoras fortaleceram seus departamentos de P&D passando a internalizar soluções antes atribuídas aos sistemistas. Novas competências têm sido requeridas para que soluções complementares aos sistemas desenvolvidos pelas montadoras possam ser oferecidas como o Flex Start[®] que se incorpora ao sistema *flex fuel*.

7.2 O Caso Magneti Marelli

7.2.1 A empresa

A Magneti Marelli Powertrain (MM) faz parte do grupo italiano Magneti Marelli que possui no Brasil cinco centros de pesquisa e desenvolvimento, dez plantas industriais desenvolvidas na região Sudeste do país e mais de 7 mil colaboradores. No país, o grupo que produz soluções de alta tecnologia para o setor automotivo é representado por seis empresas e faturou

em 2009 US\$ 1,8 bilhões, sendo as principais empresas a MM Sistemas Automotivos (faturamento de US\$ 742,5 milhões) e a MM Cofap Cia. Fabricadora de Peças (US\$ 535,7 milhões).

Atualmente, a empresa conta com 150 funcionários da área de pesquisa e desenvolvimento trabalhando com 500 projetos anuais. Para o mesmo setor, mundialmente o grupo MM conta com os mesmos 600/700 funcionários que contava em 1998, espalhados além do Brasil, pelos EUA, França, Itália e China, mas viu a participação brasileira crescer significativamente. Do mesmo modo, a participação da filial brasileira no faturamento mundial da empresa cresceu de 10% em 1998, para 20% em 2008. A equipe da MM também estima que menos de 10% dos projetos desenvolvidos hoje pela filial brasileira, tem como solicitantes filiais da empresa na América Latina. Estrategicamente, a MM investe cerca de 10% do seu faturamento em novas tecnologias e equipamentos, sendo seu faturamento da ordem de R\$ 500 milhões/ano. A grande parte do investimento em P&D (90%) ainda é alocada a projetos direcionados a algum cliente (os denominados programas), o restante é destinado a projetos experimentais.

A organização do departamento de P&D na companhia não sofreu grandes alterações do início das operações da MM no país até hoje. Reportavam-se ao diretor de P&D quatro setores: aplicação de produto, desenvolvimento de componentes físicos, desenvolvimento de componentes lógicos e os chamados gerentes de programas, responsáveis pela interface de projetos entre a empresa e as montadoras. Atualmente, além do crescimento do número de funcionários (de aproximadamente 80 para 200) a área dá mais ênfase aos gerentes de programa, mais numerosos que no passado e também alocados entre os quatro setores do departamento.

Para apoiar a estrutura de inovação, a empresa conta com oito dinamômetros de bancada, para testar as condições de uso do motor, além de um laboratório de emissões, um laboratório para testar motores em alta velocidade e outro de fluxometria, que analisa a vazão de combustível nos bicos injetores. Somam-se a esses laboratórios, câmaras para testar condições de uso de motores em altas e baixas temperaturas, simulando climas quentes e frios.

A história de um dos desenvolvimentos mais importantes da empresa no país, a tecnologia *flex fuel*, é precedida pelo desenvolvimento de uma equipe para trabalhar com sistemas eletrônicos embarcados em motores. A MM começou a construir o conhecimento necessário

para atuar nesse novo mercado no início dos anos 1990, ao incorporar a operação mundial da também italiana fabricante de carburadores, Weber, que iniciava no Brasil os estudos para carburadores eletrônicos em 1988, mas foi surpreendida com o lançamento da injeção eletrônica em 1989 feito pela Bosch. As iniciativas da MM não se restringiram a essa aquisição. Nesta mesma época, a MM também adquiriu a francesa Solex, também fabricante de carburadores e a ABC Autronica especializada em eletrônica embarcada em veículos. Na ocasião, contava com uma equipe de cinco pessoas que mantinham contato com a matriz na Itália e sua subsidiária na França, para o desenvolvimento da injeção eletrônica no Brasil.

Em 1991, a MM já equipava os veículos brasileiros com sistemas de injeção eletrônica, graças à introdução da tecnologia nos veículos Fiat. Os primeiros desenvolvimentos da empresa para injeção eletrônica (motores a gasolina) foram feitos com base em um algoritmo francês e intensa participação da matriz italiana. Nesta ocasião, alguns engenheiros da matriz foram deslocados para o Brasil para ajudar nos projetos que envolvem a injeção eletrônica. Em 1994, a filial brasileira trazia da Europa a ECU 1AV, “tropicalizada” no país, também para equipar os veículos com injeção eletrônica. Esta ECU deu origem ao desenvolvimento da ECU 1AVP por volta de 1996 e 1997, que equipava os motores Volkswagen (VW) 1.6, 1.8 e 2.0 litros, embrião da ECU 4AVP do primeiro carro *flex* brasileiro em 2003.

A difusão do álcool combustível no país deu certa autonomia à subsidiária brasileira, que lançou um sistema de injeção apropriado para o combustível entre 1993/94. De fato, após a introdução da injeção multiponto para veículo a álcool, a queda de venda de carros a álcool e o desenvolvimento do *flex fuel vehicle* (FFV) nos EUA, ainda que os técnicos da MM não percebessem, estava sendo construído o contexto para o lançamento da tecnologia bicombustível no Brasil.

7.2.2 O projeto *flex fuel*

Em 1998, após a perda de um contrato para equipar veículos a álcool da VW, se formou o sentimento que a filial brasileira se tornaria apenas um ponto de “tropicalização” de tecnologias vindas da Europa. Porém, parte dos sessenta profissionais da equipe de desenvolvimento, enxergou a oportunidade de desenvolver um novo produto, que pudesse ser independente do combustível utilizado no veículo, uma vez que o álcool já não era mais interessante, mas logo poderia voltar a ser.

Na ocasião, Fernando Damasceno, ex-engenheiro da VW e na MM há aproximadamente cinco anos como engenheiro de programa, enxergou a solução de um modo diferente. Ao invés de fazer o reconhecimento do combustível, utilizando um sensor capacitivo, resolveu empregar apenas o sensor de oxigênio (sonda lambda) para identificar, após a queima, a nova composição de combustível que alimenta o veículo, com apoio de mudanças significativas no *software*. Ele conseguiu vender a ideia para Vagner Gavioli, que era responsável pela área de *software* e *hardware*, apesar de resistências internas à ideia.

Já em 1999, mesmo que de modo improvisado, a MM iniciou um projeto de desenvolvimento de uma solução bicomcombustível utilizando todo o *background* da companhia no desenvolvimento de soluções com a utilização de *software*. Esta solução rivalizava com a tecnologia apresentada em um seminário realizado no IPT em 2000 pela concorrente Bosch, que contava com um sensor capacitivo instalado na linha de alimentação do combustível e um sensor de oxigênio como *backup*. A solução, inicialmente desenvolvida nos EUA, era aplicada para o etanol americano, mas que no Brasil era considerada de alto custo e na visão da equipe da MM, não funcionaria de modo adequado para o álcool hidratado brasileiro devido à quantidade de água incorporada ao combustível.

Uma pequena equipe, composta pelos engenheiros Vagner Gavioli, Alberto Bucci e Pedro Henrique Monnerat Junior, além do próprio Fernando Damasceno, iniciou, informalmente, os primeiros testes com dois veículos equipados com sistema de injeção da MM: uma VW Parati da MM e o carro particular de Bucci, um VW Polo Classic. Pedro havia desenvolvido sistemas e trabalhado no desenvolvimento da ECU e Alberto Bucci conhecia a aplicação, principalmente calibração. Eles começaram a imaginar o sistema, pois não sabiam se ele seria capaz de reconhecer o combustível utilizado e como iria funcionar. O processo de desenvolvimento do conceito foi muito interativo, principalmente entre os membros da equipe. Quando implantavam uma mudança, observavam o resultado, ajustavam e melhoravam as funcionalidades.

O imprevisto do desenvolvimento da MM, em 1999, pode ser creditado à falta de uma política bem definida na organização para projetos de desenvolvimento de novos produtos. Para se ter uma ideia, o VW Polo Classic de Bucci contava com um piloto de testes inusitado e alheio a todo o processo, a sua própria esposa. Os resultados colhidos eram constantemente reportados

para a equipe de desenvolvimento da MM e inclusive ao seu presidente em conversas informais.

O time enfrentou os seguintes desafios:

- O *software* deveria reconhecer o combustível no tanque, sem um sensor específico e processar as informações sobre a mistura do combustível com as obtidas por outros sensores;
- Adaptar o motor para o novo combustível: o álcool é completamente diferente da gasolina, e por isso é necessário readaptar todos os parâmetros conforme o tipo de combustível ou sua mistura;
- Desenvolver uma solução que atende simultaneamente requisitos de garantia da vida útil do motor, conforto do usuário ao dirigir, segurança do condutor e do passageiro e adequação as legislação de emissões de poluentes.

As dificuldades desta fase informal de experimentos, como a homogeneização da mistura álcool-gasolina, foram contornadas por um processo de tentativa e erro e alguns poucos contatos com especialistas da matriz, que resultaram mais em sugestões do que soluções para os problemas. Não há registros internos dessa fase, mas a patente PI0202226-5, de 24/05/2002, apresenta o resultado do projeto: o “Sistema de Controle de Motor” formado por sensores, atuadores e o *software flexfuel sensor* (SFS[®])

Após um ano de experimentações (entre 2000 e 2001), a ECU de primeira geração, que equipava os protótipos, não possibilitava o progresso dos testes, mas com ela foi possível confirmar a viabilidade da ideia. Iniciou-se a partir daí uma fase de convencimento, que seguiu uma ordem inversa, de fora para dentro da empresa. Ao invés de vender o projeto internamente, a equipe liderada por Damasceno foi a VW convencer o gerente de motores da empresa do potencial do projeto, inclusive com visitas para avaliar o carro modificado. Entre 2001 e 2002, durante as reuniões semanais sobre os projetos em andamento entre MM e VW, discutia-se informalmente a ideia do motor *flex fuel*.

No início dos anos 2000, a VW já estudava internamente a viabilidade do álcool retornar ao mercado e anunciou a intenção de lançar o veículo *flex* em sua festa de cinquenta anos de Brasil. No processo de escolha do fornecedor, a VW encaminhou à equipe da MM quinze

questões relacionadas ao desenvolvimento e desempenho da tecnologia oferecida pela empresa, como uma forma de verificar a robustez do projeto com a utilização da solução bicombustível por meio do *software*. Na opinião da equipe da MM, as respostas dadas às quinze questões foram determinantes, para que em agosto de 2002, o seu produto fosse aceito para compor o projeto de desenvolvimento da VW. Este projeto, estimado para durar dois anos, foi reduzido para pouco mais de seis meses. A MM apresentou os riscos envolvidos com essa antecipação para conhecimento e aprovação da VW.

Na indústria automobilística, os projetos formalmente se iniciam com a aprovação da montadora via “Carta de Nomeação”, mas informalmente os departamentos de engenharia se antecipam como foi o caso do sistema *flex fuel* da MM. Com a oficialização do projeto a MM destacou mais seis engenheiros, além de outras áreas da empresa para integrá-lo. Dos seis novos engenheiros, três estavam envolvidos com o *software* e o *hardware* da ECU e os outros três com a calibração integrando a equipe de aplicação.

A VW elegeu o motor EA827 1.6 litros, largamente produzido para operar com álcool, como o primeiro a incorporar a tecnologia *flex fuel*. Este motor equipava o Gol, um modelo nacional que facilmente poderia ser modificado sem a necessidade de aprovação da matriz. Ao contrário do Polo, o carro mundial da VW e o seu motor o EA 111, a segunda opção da VW que estava sendo desenvolvido com a Bosch.

Em março de 2003, a VW lança seu Gol com o sistema SFS[®] da MM. Após o lançamento, o sistema considerado simples e equipando um modelo que ainda não tinha expressiva procura, passou por ajustes às funcionalidades requeridas pela Fiat para equipar o Palio, um veículo com maior volume de produção.

A MM esclarece e ressalta que jamais trabalhou com a ideia de sensor capacitivo e sempre apostou na solução via *software*. Para a tecnologia *flex fuel*, o *software* possui um módulo de reconhecimento de combustíveis capaz de identificar qual a mistura de combustível está sendo utilizada, quais as condições que devem ser respeitadas, o sistema de partida a frio e outros detalhes técnicos do motor. Estima-se que 20% do *software* estejam destinados a fazê-lo se integrar com outros módulos do veículo. Para atender as estas funcionalidades, o *software* que equipa a ECU 4AVP para motores a gasolina foi alterada em até 40%. A ECU

do motor a álcool não foi utilizada, pois estava defasada uma vez que este motor era pouco comercializado.

No motor a álcool o algoritmo basicamente difere do à gasolina no gerenciamento da partida e algumas correções adicionais em virtude da taxa de compressão. A análise do algoritmo do motor *flex* integrou o conhecimento dos sistemas utilizados nos motores a álcool e gasolina adicionando a parte de reconhecimento do combustível e a ponderação entre os dois (percentuais de álcool e gasolina). Estima-se em 30% a parte nova desenvolvida no algoritmo que não se encontrava no antigo *software* utilizado tanto na gasolina como no álcool. O *software* acaba tendo uma vida útil curta, já que a cada novo lançamento ele deve ser adequado para as novas funcionalidades do novo modelo.

A MM tem se caracterizado por implantar projetos com grande rapidez, julga o seu processo de desenvolvimento flexível, embora reconheça que tem aprendido muito com as montadoras com relação à estruturação e documentação do processo de desenvolvimento, deste modo normas e procedimentos estão sendo aprimorados. Os processos de desenvolvimento, conforme a necessidade e a urgência requerida são executados de modo informal e improvisado e o conhecimento é transmitido de maneira prática, também sem formalidade, entre as gerações de engenheiros durante o andamento dos projetos (*learning by doing*). No caso *flex fuel* não houve uma reunião de encerramento para condensar as lições do desenvolvimento.

A rapidez na implantação dos projetos está associada à competência do pessoal envolvido, muito mais do que na quantidade de registros possíveis de serem consultados. Embora destaquem a rapidez com que conduzem seus projetos, o tempo de implantação dos sistemas *flex fuel* entre as diversas montadoras não foi reduzido em virtude do aprendizado. A complexidade do sistema que evoluiu a cada nova implantação manteve o tempo do projeto estável. Para aplicações totalmente novas de motor e ECU o tempo estimado é de 24 meses. Para alterações de motor ou ECU o prazo é de 18 meses. Para pequenas alterações são necessários 12 meses. Por exemplo, o projeto como o conduzido na Ford, que incluiu a aplicação da ECU (fornecida como *black box*) nas interfaces do motor, o tempo foi de 18 meses, mesmo com o aprendizado já acumulado na VW e Fiat.

Em geral, um projeto na MM se inicia com uma fase de oferta quando são levantadas as necessidades do cliente, em seguida uma fase de concepção quando se define a arquitetura do sistema e depois o desenvolvimento propriamente dito com o envolvimento da engenharia de processo. Por último, a fase de industrialização quando o produto segue para a produção em escala. No caso do motor *flex*, houve uma fase anterior que pode ser definida como pré-concepção que serviu para validação do conceito a ser ofertado pela MM (as quinze questões enviadas pela VW).

Muitas dificuldades foram superadas para que o SFS[®] chegasse à configuração atual, mas destacam-se aspectos técnicos como a quantidade de álcool injetada necessária para a fase fria do motor. Na fase inicial, algum material de referência foi consultado, mas havia muito pouco a ser pesquisado na literatura sobre o tema. A solução foi testar diversas quantidades até se encontrar a ideal. A mesma metodologia foi empregada para verificar a viabilidade técnica da mistura álcool (hidratado e anidro) e gasolina que foi obtido pela análise empírica promovida nos protótipos (improvisados) construídos, além dos testes conduzidos com um motor no dinamômetro de bancada.

Para avaliar o desempenho dos novos modelos e do *software* empregado, a empresa, juntamente com as montadoras, testa em um período de três a seis meses cerca de dez carros antes do emprego da tecnologia em escala produtiva. Para a tecnologia *flex fuel* houve um acompanhamento das reclamações de usuários em determinadas concessionárias, quando se descobriu novos usos do automóvel, como o caso de uma senhora que o usava apenas para ir à missa, a um quilômetro de distância de sua casa, uma vez por semana. Para esses casos, engenheiros que participaram da produção acompanhavam o processo *in loco* para dar mais agilidade ao processo. Os problemas do campo são tratados pela área de qualidade da empresa em uma análise chamada de 1º nível. Questões mais complexas são transmitidas para a área de engenharia responsável pelo projeto de desenvolvimento em análises de 2º e 3º nível. Na análise de 2º nível a engenharia vai até o cliente e lá realiza a análise. Na de 3º nível, o veículo é levado até a sede da MM, quando o veículo e seus componentes são desmontados e analisados para uma investigação mais aprofundada sobre as origens do problema. As lições deste processo são apreendidas pelo departamento de qualidade e integram uma base de dados da intranet (*lessons learned*). As situações de uso do veículo, não previstas no processo de desenvolvimento, são incorporadas em testes definidos como manobras críticas. Normalmente, os testes necessários para aprovação do produto são efetuados pela engenharia

e os relatórios são preparados para a validação pelos responsáveis pela qualidade. Após o lançamento do sistema *flex fuel* da MM, investigações de todos os níveis foram realizadas.

A matriz italiana centraliza grande parte do conhecimento sobre engenharia do grupo. Lá se encontram os especialistas por cada função do motor e onde estão os maiores recursos em termos de *softwares* aplicados a simulação e soluções para projetos para placas da ECU. Na Itália também se desenvolvem os projetos exportados para o mercado americano. Há o intercâmbio de engenheiros brasileiros que regularmente (uma vez ao ano) visitam a matriz, embora a MM não tenha um programa formal de treinamentos técnicos. Em geral, poucos fornecedores da MM atuam no desenvolvimento de soluções customizadas, porém contratos e projetos com os grandes fornecedores (ST Microelectronics, Infineum, Freescale) são feitos pela matriz.

7.2.3 Considerações finais

A empresa conseguiu alavancar sua operação no Brasil com a conquista de novos e importantes clientes. Entre 2003/04 a MM foi procurada pela Ford, anos mais tarde, Peugeot e Mitsubishi. Esta última, convencida após ver um protótipo em funcionamento (o carro demonstrador foi uma TR4). A MM comenta que a Ford, embora fosse das grandes, a última a lançar um veículo *flex* no Brasil, adotou em seu desenvolvimento uma taxa de compressão alta, próxima a do álcool, conceito mais tarde adotado por todo o mercado. Foi exatamente nesta época que a área de P&D da MM, relacionada a parte de *software*, *hardware* e controle, passou a fase mais aguda, quando perdeu muitos profissionais para os concorrentes.

Com a crescente importância da eletrônica embarcada nos veículos, a área envolvida com os desenvolvimentos da ECU tem optado, naturalmente, por constituir sua equipe com engenheiros eletrônicos (poucos mecânicos), além da percepção de que é mais fácil um engenheiro eletrônico aprender a parte mecânica dos motores, do que o mecânico a parte eletrônica. A MM opta por contratar engenheiros recém formados e treiná-los na empresa a contratar nomes já experimentados na indústria com salários mais altos.

A subsidiária brasileira tem autonomia para desenvolver novos projetos e tem exportado a solução SFS[®] para Suécia junto com o conceito tetrafuel – sistema para motores que podem funcionar com gasolina E22, gasolina pura (nafta), álcool e gás natural veicular (GNV). A

área de P&D também ganhou destaque, graças ao crescimento do mercado brasileiro. O número de funcionários aumentou, em virtude de novos clientes ou novos contratos em clientes já atendidos. A MM esteve presente em várias feiras e eventos internacionais para a propagação da nova tecnologia, por exemplo, o evento promovido pela Michelin (*The Michelin Challenge Biddendum*), no qual toda a comunidade automotiva está presente discutindo temas ligados ao setor como sustentabilidade e segurança. Ela também já visitou montadoras no México, EUA e China (tendo participado da comitiva do Presidente Lula).

Desde 2006, a MM tem observado duas importantes mudanças na engenharia das montadoras. Primeiro, passaram a ser mais atuantes com relação aos desenvolvimentos conduzidos junto a seus fornecedores, abandonando em alguma medida, a compra de sistemas *black box* e segundo, tem se dedicado a formar profissionais mais especialistas nas diversas funções do motor, em detrimento de profissionais mais generalistas como os que atuam na MM. Também reconhecem a intenção de algumas montadoras em dominar as competências para o desenvolvimento do próprio *software*, mas não enxergam neste movimento algo preocupante.

Com relação a projetos futuros, o carro híbrido é um mercado promissor para avanços em soluções de novas tecnologias. O controle eletrônico do câmbio é outra tecnologia que a Marelli está avançando, conseguindo uma redução de 30% de emissão de CO₂. O sistema tetrafuel e novos desenvolvimentos (incrementais) para o SFS[®], já são realidade e visam atender a novos e mais baixos níveis de emissão de poluentes e são considerados resultados do aprendizado com o sistema *flex fuel*.

7.3 O caso Delphi

7.3.1 A empresa

A Delphi é uma das líderes mundiais em tecnologia de eletrônica móvel, componentes e sistemas de transportes. Dentre os mercados que atua, a participação mais expressiva da empresa está no mercado norte-americano. Desde 1999, a antiga divisão de autopeças da GM passou a ser uma empresa independente com sede em Troy, Michigan (EUA). A empresa possui mais de 150 mil funcionários espalhados em 35 países em suas 148 fábricas, além de 23 centros tecnológicos (CT) e 56 centros de atendimento com 17.000 pesquisadores e engenheiros. Os principais centros técnicos estão localizados no México, Luxemburgo,

Tóquio e Xangai. No Brasil, conta com pouco mais de 11 mil funcionários em 12 fábricas, faturou em 2009 US\$ 1,171 bilhões e investiu no mesmo período US\$ 40 milhões em novas tecnologias e gestão da qualidade.

O CT brasileiro localizado em Piracicaba, interior de São Paulo, começou a ser estruturado em 1996 e inaugurado em 1999, para adequar os produtos da empresa a nova legislação brasileira de emissões de poluentes. Instalado em uma área de 5.125 m² conta com um efetivo em torno de setenta engenheiros (no início eram ao redor de cinco), sendo seis deles engenheiros de *software*. O CT é equipado com laboratórios de veículos (dinamômetro de chassi e medição de emissão veicular), laboratórios de eletrônica (para desenvolvimento de *software* e *hardware* e suporte para construção de equipamento de teste e construção de protótipos eletrônicos), laboratório de dinamômetros de motores, laboratório de combustíveis, laboratório de componentes (simulação de carga de ignição, durabilidade de componentes), pista de testes e câmara de temperatura controlada (-30°C a 20°C), simulação de partida a frio.

A empresa começou com uma estrutura multifuncional e em 2001 com a implantação da ferramenta PDP-01 (processo de desenvolvimento de produtos) a estrutura organizacional passou a adotar o modelo de gestão por projeto. A filial brasileira evoluiu a partir do desenvolvimento conjunto de projetos com as montadoras e o intercâmbio de engenheiros – brasileiros sendo treinados e participando de projetos no exterior e estrangeiros trabalhando no Brasil.

Mesmo com a rivalidade entre subsidiárias para a obtenção de verbas para P&D (a empresa investe anualmente 11% do seu faturamento para essa finalidade) há intercâmbio entre os diversos centros da companhia no mundo. No passado, a tecnologia era vendida entre os CTs, mas hoje isso mudou. A Delphi China, por exemplo, está desenvolvendo a tecnologia *flex* e há troca de conhecimento com o Brasil que é o centro responsável pelo desenvolvimento do algoritmo do *software*.

A operação no Brasil que compreende sistemas térmicos (climatização e arrefecimento do motor), eletrônicos e segurança (conectividade, sistemas de áudio multimídia, imobilizadores, sistemas de alarmes e antifurto, rastreadores e painéis de instrumentos), arquitetura eletroeletrônica (sistemas de distribuição eletroeletrônica e controle de sinais) e *powertrain*

(sistemas de gerenciamento de motores etanol, gasolina, GNV e diesel), corresponde a 2% a 3% do faturamento do grupo e em geral, o investimento brasileiro em P&D tem origem no próprio país. Enquanto a matriz não estiver em melhor situação, mais recursos continuarão a ser enviados para fora do que utilizados no Brasil.

7.3.2 O projeto *flex fuel*

O desenvolvimento do sistema *flex* possibilitou a subsidiária brasileira deixar de ser apenas centro de aplicação, para se tornar centro de desenvolvimento de tecnologia. Para isso, a equipe redobrou seus esforços na produção de patentes e *papers*. A Delphi brasileira não tem acordos com universidades ou outros centros de pesquisa. O sistema *flex fuel* gerou curiosidade em outras subsidiárias, mas não foi motivo para conquistar novos clientes.

A ideia para um veículo *flex fuel* surgiu por volta de 1998, com a notícia sobre o renascimento do Proálcool por meio da criação de uma lei Federal (Lei nº 9660 de 16 de junho de 1998) instituindo a denominada “Frota Verde”. A lei previa a substituição em cinco anos de toda frota governamental de veículo movidos a gasolina, para veículos que utilizassem combustíveis renováveis. Embora a lei não indique claramente o álcool ou etanol (ela trata de combustível renovável), era um sinal evidente (baseado na experiência do Proálcool) que a indústria deveria retomar a produção de veículos movidos a álcool. Em 1999 foi feita uma apresentação a diretoria da Delphi sobre o desenvolvimento de uma tecnologia bicombustível. O supervisor de engenharia, que havia trabalhado na MM e Bosch, incorporou conhecimentos desta última, principalmente com relação ao desenvolvimento do carro conceito GM Ômega que rodava com um sistema *flex fuel*. A ideia não foi levada adiante e ficou oficialmente em segundo plano. A iniciativa, porém seguiu de maneira não oficial, improvisada e dependente do tempo disponível do supervisor de engenharia, que desenvolvia algoritmos e os testava em carros conceitos montados com peças Delphi para demonstração a clientes. Estes veículos, que depois de apresentados para as montadoras ficavam na empresa, foram os primeiros protótipos utilizados.

Para essa fase informal de desenvolvimento da solução *flex fuel*, iniciado em 2000, foram determinantes duas fontes de conhecimento: o carro a álcool e a injeção eletrônica. O carro a álcool pode ser considerado o pior caso de aplicação pelas modificações necessárias para o combustível. O desafio do sistema *flex fuel* era exatamente o controle do motor, em outras

palavras, a taxa de compressão. Com relação à injeção, percebeu-se que ela guardava uma memória de variação do combustível de 10% a 20%. Imaginou-se porque o sistema não poderia ser ajustado para suportar variações maiores, na ordem de 80%, por exemplo. Houve um período em que se desenvolveu um sistema de injeção que continha mecanismos de memória e ajuste para trabalhar com variações significativas, ou seja, mudanças na composição do combustível do Brasil (E10, E20, E22 e adulterações), além do conhecimento de injeção para o E100 (desde 1986). A ideia de um carro bicomcombustível foi praticamente uma extensão desse conceito, bastava apenas verificar a miscibilidade do álcool, água e gasolina. Nesse sentido, foi consultada a norma da *American Society for Testing and Material* (ASTM D 6422-99) – *Standard Test Method for Water Tolerance (Phase Separation) of Gasoline-Alcohol Blends* – que apresenta um diagrama ternário de Gibbs para misturas gasolina, água e etanol. Mais tarde, a outra preocupação foi lembrar à montadora de certificar-se que todos os componentes do motor eram compatíveis com etanol.

A Delphi já contava com o sistema *flex fuel* praticamente pronto em 2002, porém não tinha clientes interessados. Após o anúncio da Ford apresentando o seu Fiesta *flex*, a GM, encaminhou um pedido para a Delphi para o sistema *flex fuel*. A partir desta solicitação, a Delphi iniciou oficialmente o projeto para o desenvolvimento do seu sistema que culminou com o lançamento do Corsa, com motor 1.8 litros, em junho de 2003. Esse prazo curto, só foi possível graças ao desenvolvimento prévio “não oficial” e a revisão dos processos vigentes relacionados à gestão de projeto que tiveram de ser aprimorados e modificados.

Embora essa etapa informal tenha contribuído para a redução do *lead time* do desenvolvimento, um projeto de produção tem vários aspectos e envolve um grande número de detalhes, que vão além e dão mais trabalho que uma nova tecnologia em si. Por esse motivo, uma parte do desenvolvimento do projeto não é comum entre os diversos clientes, pois cada montadora possui requisitos diferentes. Muitos desses requisitos tiveram de ser desenvolvidos na época em que os projetos de produção estavam sendo elaborados. Por exemplo: o sistema de diagnóstico e códigos de falha tinha de ser definido/atualizado. Procedimentos de ajuste e teste em fim de linha tiveram de ser definidos/implementados. No caso da aplicação desenvolvida para a Fiat, a Delphi vivenciou alguns problemas em campo relacionados a motoristas que colocavam apenas 1 litro de combustível num tanque quase vazio. A lógica do *body computer* (ECU) da Fiat estava programado para atualizar o nível do tanque com re-abastecimentos de mais de 5 litros. A estratégia de aprendizado da composição

de combustível desenvolvida pela Delphi é acionada apenas quando se ocorre um reabastecimento detectado por meio da leitura do nível do tanque de combustível. Na GM a leitura era feita diretamente do sensor, pois o painel de instrumentos era mais simples. No caso da Fiat a leitura era feita através do barramento CAN (*Controller Area Network*), pois o *body computer* processava o sinal do sensor e o disponibilizava na rede CAN. No projeto para a Fiat a solução foi o de se ligar o sensor de nível de combustível também na ECU, já que a lógica no *body computer* não seria modificada. Esses “pequenos” problemas não antecipados acabam atrasando o desenvolvimento em alguns meses. O projeto na Fiat levou nove meses para ser implantado.

A Fiat demorou um pouco mais para solicitar um projeto *flex*. A cada três ou cinco anos ocorrem licitações de projetos e as negociações podem durar meses. Dessas licitações saem os ganhadores dos projetos, que algumas vezes, são distribuídos a diferentes sistemistas, sobretudo pela falta de capacidade de um único ganhador em desenvolver todos os projetos dentro dos prazos desejados. Há obviamente vários aspectos políticos envolvidos, mas muitos acabam sendo justificados através de questões técnicas.

A equipe do projeto foi formada com quatro pessoas, entre dois a vinte anos de experiência, com formação em engenharia mecânica e eletrônica. Não havia propriamente uma área de P&D, mas a equipe contava com conhecimentos na área de *hardware*, *software*, sistemas, calibração e construção de algoritmos. O sucesso do projeto passou pelo convencimento da matriz americana com relação à possibilidade do desenvolvimento ser feito no Brasil, pois até aquele momento, os EUA era o único centro de desenvolvimento de novas tecnologias. O processo de convencimento envolveu pessoas experientes, que trabalhavam no Brasil e que tinham respeito junto à direção da companhia.

Com o projeto aprovado, os técnicos no Brasil tiveram acesso ao desenvolvimento da Delphi EUA, que em 1995, havia iniciado a aplicação de um sistema *flex fuel* equipado com sensor capacitivo em uma *pickup* GM, modelo Sonoma, lançada no mercado em 2000. A filial brasileira recebeu um veículo para testes que não se revelaram promissores, sobretudo pelo funcionamento inadequado do sensor capacitivo, instalado no veículo, com o uso do combustível brasileiro.

Parte das especificações da tecnologia bicomustível da Delphi brasileira foi definida pelos seus clientes, em outras palavras, o motor base deveria ser mantido sem modificações para aperfeiçoar a eficiência usando etanol. Além disso, o veículo deveria apresentar a mesma dirigibilidade tanto em etanol quanto em gasolina; o sistema deveria partir e ter boa dirigibilidade, usando 100% etanol com temperatura ambiente maior que 20°C; e o *software* deveria aprender o percentual de etanol no tanque desde E0 até E100. Adicionalmente a essas especificações, a Delphi incorporou ao algoritmo requisitos de desempenho em todas as possíveis falhas que poderiam ocorrer como, por exemplo, abastecer com gasolina (ou etanol) a partir de um tanque quase vazio e parar o veículo antes do aprendizado da nova mistura, esperar 12 horas e então partir o veículo. O algoritmo foi projetado também para suportar sucessivos abastecimentos mínimos, pois é comum no Brasil motoristas que param no posto e colocam 1 litro de combustível. Para determinar situações de reabastecimento e alteração de nível de combustível, o sistema calcula os limites possíveis da mistura, considerando a mistura e o nível anterior e as possíveis misturas com o novo nível, após abastecimento. Foram mais de uma dezena de estratégias complementares à simples estimativa do percentual de etanol, usando o mecanismo de compensação em malha fechada da mistura de combustível.

A importância dessa tecnologia é reconhecida pelas montadoras, ao ponto de ser uma competência desenvolvida por algumas delas. Sabe-se que não há uma cópia exata de *software* entre os competidores, mas há o uso comum de um padrão de conhecimento. No caso do sistema *flex fuel* da Delphi, o *software* foi construído em cima do sistema para motor a gasolina (o algoritmo do álcool estava muito defasado) com 20% de alterações e 10% de novos desenvolvimentos. Além da importação de algoritmos de controle do sistema de partida auxiliar da base de *software* para etanol. Os algoritmos de controle desenvolvidos fazem parte de um *core* de aplicações globais da Delphi. Os projetos, entretanto, não são *plug and play*. Os *softwares* são diferentes para cada aplicação. Há funções específicas e requisitos diferentes para cada montadora. Por exemplo: GM testa isoladamente o motor antes da sua instalação no veículo, inclusive com a utilização de gás natural.

Durante o projeto toda informação foi processada e muito material (apresentações, relatórios, etc) foi produzido. Após o lançamento, algumas reuniões e apresentações para divisões da Delphi nos EUA, China e Japão foram feitas devido ao interesse desses países no uso de combustíveis alternativos. Alguns *papers* foram escritos e apresentados em congressos da

Society of Automotive Engineers (SAE) e da Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA).

O processo de patentes da Delphi é centralizado nos EUA, lá é que se decide o que será patentado, ou não, e quais mercados serão cobertos através do mecanismo de *patent cooperation trade* (PCT). A empresa não julgou interessante patentear sua solução no Brasil (a Magneti Marelli já havia solicitado algumas patentes no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual – INPI) e nos EUA (em virtude da patente da Chrysler neste mercado). Alguns algoritmos foram classificados como *trade secret* pela Delphi.

Entre as várias fontes de conhecimento estão os casos de problemas vivenciados pelo produto da Delphi e de concorrentes no campo, comentários de montadoras sobre sistemas dos concorrentes (para a Delphi essa é a maior fonte de informações e de uniformização de conhecimento entre os fornecedores) e pesquisa em base de patentes no Brasil, EUA e Europa. *Papers* de congressos, nesse campo de conhecimento, também são constantemente pesquisados, porém, não se registraram participações expressivas de fornecedores no projeto *flex fuel*.

Após o desenvolvimento e a entrega do produto ao cliente, a Delphi recebe relatórios e reclamações (formais e informais) sobre problemas que ocorrem em campo. Muitas vezes o problema exige uma investigação mais aprofundada em veículos que foram levados as concessionárias com alguma reclamação. Em outras oportunidades, durante essas análises, há o contato com informações sobre problemas registrados em veículos com sistemas de controle de concorrentes. Essas informações também são usadas para se desenvolver e programar melhorias em seus sistemas.

7.3.3 Considerações finais

Atualmente, todos os projetos da empresa são *flex fuel* envolvendo veículos de passeio, motocicletas, diesel-etanol e grupo gerador etanol. São aproximadamente vinte projetos em andamento. Foi desenvolvido junto com a GM o veículo tri-fuel (gasolina, etanol e GNV) que incorporou e melhorou a tecnologia *flex*. A Delphi também está desenvolvendo um sistema de partida a frio, utilizando injetor aquecido que também é uma evolução do conceito *flex fuel*. O lançamento dos veículos *flex* não alterou a rotina de trabalho dos engenheiros, que

tipicamente estão envolvidos em dois ou três projetos simultaneamente. Essa carga de trabalho é sazonal e depende dos projetos de desenvolvimento ganhos pela Delphi. *Softwares* de simulação, análise estrutural e preparação de modelos sólidos também são utilizados nos projetos desenvolvidos no Brasil.

Os engenheiros têm trabalhado em times de projeto de vários centros tecnológicos, por exemplo, é comum se ter projetos que envolvem engenheiros do Brasil, Estados Unidos, Japão e Cingapura, simultaneamente. Antes do centro tecnológico de Piracicaba ser considerado um centro de referência em combustíveis alternativos, havia trabalhos no exterior que se utilizavam de engenheiros brasileiros, mas isso ocorria mais como uma forma de usar mão de obra do que usar conhecimentos específicos da equipe brasileira. A frequência de viagens a matriz tem sido uma ou duas vezes por ano, porém, é sempre subordinada à necessidade.

Uma tendência observada é o movimento das montadoras terem grande controle nas suas soluções de engenharia. Com mais recursos sendo empregados, gera-se uma maior competência com a exigência de resultados melhores, questionamentos e participação maior nos projetos de desenvolvimento, aplicando as soluções de uma forma uniforme dentro de sua gama de veículos.

8 ANÁLISE COMPARATIVA DOS CASOS

Este capítulo condensa as observações colhidas nos estudos de caso. Seu objetivo é comparar as empresas estudadas, analisando em cada uma das fases do desenvolvimento da tecnologia *flex fuel*, como se desenrolou o projeto, as transformações do conhecimento em ambas as dimensões (epistemológica e ontológica) e os facilitadores desse processo. Para que a base de comparação dos projetos seja a mesma, as definições de Rozenfeld *et al.* (2006), para o início e fim de cada uma das fases, tiveram que ser adaptadas. Desse modo, o início de cada seção deste capítulo se dedica a conceituar esses limites.

8.1 O pré-desenvolvimento

Diferentemente da definição de Rozenfeld *et al.* (2006) para a fase de pré-desenvolvimento, esta pesquisa recua para muito antes da ideia do sistema *flex fuel* e adota como início dessa etapa, o começo da estruturação dos departamento de P&D das empresas no Brasil. Esse início foi motivado pela necessidade de atender aos limites de emissão de poluentes criados em meados dos anos 1980 e que culminou com a introdução dos catalisadores e principalmente da injeção eletrônica, que substituiu os antigos carburadores. O fim dessa etapa é decretado com a aprovação do projeto pela empresa ou com o início da discussão das ideias para seu desenvolvimento, após a formatação do conceito do produto.

8.1.1 Aspectos gerais do projeto

Na fase que antecede o desenvolvimento do sistema bicomcombustível, as três empresas estudadas apresentaram trajetórias distintas quanto à constituição de sua infraestrutura. A Bosch começou um pouco antes das demais (meados dos anos 1980), se estruturando a partir da ajuda de engenheiros da matriz, que vieram trabalhar no Brasil e trouxeram o *know-how* em injeção eletrônica que havia sido desenvolvida pela empresa na Europa e EUA. Junto com isso, a empresa construiu e inaugurou laboratórios e contratou engenheiros que posteriormente seriam enviados à Alemanha para treinamento.

No início da década de 1990 foi a vez da Magneti Marelli (MM), ligada a Fiat, fazer seus primeiros movimentos. Com a aquisição mundial dos tradicionais fabricantes de carburadores Solex e Weber e de uma empresa que desenvolvia sistemas aplicados a motores, a ABC

Autronica, todos com filiais no Brasil, a empresa formou seu time de P&D. Embora a MM também contasse com o apoio e a experiência de desenvolvimentos na Europa, inclusive técnicos vieram trabalhar no Brasil, o período que antecede o desenvolvimento do seu sistema *flex* pode ter sido conturbado, devido aos processos de fusões e aquisições, que reconhecidamente, são difíceis de serem gerenciados.

Já Delphi se organizava a partir da General Motors (GM), de quem era uma divisão de negócios. Sofria, com isso, da dependência da montadora e com a centralização da matriz americana, além da falta de uma estrutura para pesquisa e desenvolvimento (P&D) no Brasil. Em 1999, porém a empresa se desvinculou da GM e inaugurou seu centro tecnológico para apoiar suas atividades de DNP.

Embora a formação da infraestrutura, mesmo construído de maneira diversa, tenha alcançado seu objetivo de suporte a P&D, o caso da Bosch é mais significativo para ilustrar a formação de mão de obra qualificada. Tanto MM quanto Delphi optaram pela contratação de pessoal mais experiente do mercado. A MM, por meio da aquisição de empresas e a Delphi, recrutando dos concorrentes. Inversamente, a Bosch apostou em profissionais mais jovens e com pouca ou nenhuma experiência prévia. Embora mais demorada e custosa, pois a escolha implicou em grandes investimentos em treinamentos, viagens e estadias na matriz (onde os técnicos ficavam de 1 a 3 anos), a estratégia revelou-se acertada a longo prazo, pois mesmo perdendo pessoal para a concorrência, seu quadro é renovado com qualidade.

A ideia de um veículo bicom bustível dentro das empresas pesquisadas ocorreu em momentos distintos, porém embutia os mesmos conceitos técnicos: o carro a álcool, a injeção eletrônica e a então emergente tecnologia americana para os *flexfuel vehicles* (FFV), esse último, com menor evidência na MM. Além dos conceitos técnicos serem os mesmos, as ideias emergiram a partir de sinalizações negativas do mercado com relação ao álcool combustível.

A Delphi e a MM revelaram a disposição para o desenvolvimento da tecnologia *flex* no final dos anos 1990. A MM após perder um contrato na Volkswagen (VW) para sistemas aplicados em veículos a álcool e a Delphi ao perceber o potencial do álcool com o projeto de lei conhecido como “frota verde”. A Bosch visualizou a possibilidade muito antes dos demais, em 1992, após perder um contrato na Autolatina, também envolvendo soluções com motores álcool. Todos, de uma forma ou de outra, foram influenciados pelos FFV lançados no

mercado americano. Bosch e Delphi, principalmente, pois tiveram suas matrizes envolvidas com o desenvolvimento de soluções para estes veículos. Deste modo, em todas as empresas observou-se a conversão de fatos do mercado brasileiro e americano (conhecimento explícito) em *insights* incorporados pelos membros das equipes de projetos (conhecimento tácito), como o que ocorreu na Bosch:

Reforçou o conceito, a crise de abastecimento do álcool e as dificuldades enfrentadas por consumidores de veículos movidos com o combustível, sendo marcante a reportagem de um taxista, revoltado pela falta de combustível, que em protesto, incendiou seu carro em frente ao congresso nacional em Brasília (BOSCH).

Embora a discussão sobre o início do processo, das primeiras ideias à concepção do projeto, seja relevante, não há como aprofundá-lo. O tema é tratado com muita reserva por todas as empresas pesquisadas que fazem questão de afirmar que de algum modo são inovadores e pioneiros na concepção da ideia. Nenhuma admite, por exemplo, a influência que um *paper* divulgado ou uma patente requisitada pelo concorrente tenha em seu projeto. Duas questões, porém merecem atenção na análise do pré-desenvolvimento: o modo como as empresas justificam a viabilidade técnica e comercial do projeto. Esta análise é o primeiro passo indicativo para entender como cada uma das empresas desenvolveu seu aprendizado neste projeto.

Os produtos tecnicamente nascem por meio da superação de problemas, em outras palavras, barreiras tecnológicas devem ser vencidas. Com o sistema bicomcombustível a dificuldade inicial era a viabilidade de se misturar o álcool hidratado, anidro e gasolina. A Bosch, a primeira a se deparar com o problema, foi buscar a resposta na pesquisa e estudos sobre a miscibilidade destes combustíveis:

A mistura de álcool etílico hidratado (4% de água), álcool anidro e gasolina era, entretanto, desacreditada, mas a partir de um estudo publicado pelo físico, matemático e químico Josiah W. Gibbs, a equipe da Bosch mostrou a viabilidade da mistura, graças à miscibilidade de álcool etílico, gasolina e água em temperaturas superiores a -12°C (BOSCH).

A Delphi absorveu este *know how* com a contratação de ex-funcionários dos concorrentes, mas destaca que a ideia também teve respaldo na literatura técnica:

Neste sentido, foi consultada a norma da *American Society for Testing and Material* (ASTM D 6422-99) – *Standard Test Method for Water Tolerance (Phase Separation) of Gasoline-Alcohol Blends* – que apresenta um diagrama ternário de Gibbs para misturas gasolina, água e etanol (DELPHI).

A MM não frisou a pesquisa teórica para justificar a mistura dos combustíveis, preferiu reforçar seu lado prático para a resolução de problemas que passou pelo teste de diferentes misturas para verificar a viabilidade da ideia, embora uma norma e um artigo técnico já a demonstrasse (BORTOLOZZO *et al.*, 1993):

A solução foi testar diversas quantidades até se encontrar a ideal. A mesma metodologia foi empregada para verificar a viabilidade técnica da mistura álcool (hidratado e anidro) e gasolina que foi obtido pela análise empírica promovida nos protótipos (improvisados) construídos, além dos testes conduzidos com um motor no dinamômetro de bancada (MM).

O quadro abaixo resume os principais pontos do projeto na fase de pré-desenvolvimento.

Quadro 12 - Resumo comparativo da fase de pré-desenvolvimento

Pré-Desenvolvimento			
Pontos de análise	Bosch	Magneti Marelli	Delphi
Antecedentes	Laboratórios (combustíveis, eletrônicos e materiais) construídos em 1983 com engenheiros da Alemanha com conhecimento em sistemas de injeção	Compra da Weber, Solex e ABC Autronica (final dos anos 1980, início dos anos 1990).	Empresa independente da GM em 1999. Centro Tecnológico inaugurado em 1999. Nova estrutura multifuncional montada em 2001.
Formação da mão de obra	Contratação de engenheiros recém formados e intensivo programa de treinamento na matriz	Absorção de pessoal experiente das empresas adquiridas	Contratação de pessoal experiente das empresas concorrentes
Como surgiu a ideia do desenvolvimento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perda do projeto para Autolatina. 2. Percepção para a solução do problema de abastecimento de álcool (taxista na frente do congresso). 3. Solução <i>flex</i> desenvolvida pela matriz para mercado americano. 4. Início em 1992. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Percepção do potencial da tecnologia <i>flex</i> a partir do desenvolvimento do concorrente (Ômega 1994 da Bosch no seminário do IPT em 2000). 2. Perda de um contrato para equipar veículos a álcool da VW. 3. Início em 1999. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Percepção do potencial da tecnologia <i>flex</i> com a possibilidade da retomada da produção do carro a álcool (Projeto Frota Verde). 2. Solução <i>flex</i> desenvolvida pelo concorrente (Ômega 1994 da Bosch no seminário do IPT em 2000). 3. Solução <i>flex</i> desenvolvida pela matriz para mercado americano. 4. Início: ideia em 1998 e 1999/projeto 2000.
Viabilidade técnica	Estudo (trabalho de Josiah W. Gibbs) e testes em laboratório próprio sobre miscibilidade do álcool hidratado, anidro e gasolina (BORTOLOZZO <i>et al.</i> ,	Testes em carros particulares.	Conhecimento importado por ex-funcionários da Bosch e MM. Consulta à norma da <i>American Society for Testing and Material</i> (ASTM D 6422-99) –

	1993).		<i>Standard Test Method for Water Tolerance (Phase Separation) of Gasoline-Alcohol Blends</i>
Viabilidade comercial	Não havia preocupação a priori. Projeto Plataforma.	Após convencimento da VW projeto foi aprovado oficialmente, mas projeto já estava em andamento.	Após solicitação da GM projeto foi aprovado oficialmente, mas projeto já estava em andamento.

8.1.2 Construção do conhecimento - dimensão epistemológica

Dentre os processos de conversão do conhecimento propostas por Nonaka e Takeuchi (2008), a internalização e a socialização apareceram com maior intensidade nesta fase do projeto. Esta pesquisa não obteve dados que sustentassem a evidência dos processos de externalização e combinação no pré-desenvolvimento.

Na Bosch, os engenheiros nessa etapa do processo de desenvolvimento se prepararam estudando, analisando, observando, em outras palavras, acumulando conhecimento para a elaboração do conceito do produto e a comprovação de sua viabilidade técnica e comercial. Parte do *know how* técnico da companhia que envolvia a injeção eletrônica, havia sido internalizado como conhecimento tácito pelos engenheiros, que posteriormente o utilizariam no projeto *flex fuel* (SCHULZE; HOEGL, 2008):

[...] somada à adição de 22% de álcool anidro na gasolina brasileira (E22) que forçou os fornecedores de sistemas de injeção a desenvolverem soluções para melhorar o desempenho do motor, com a utilização de sensores, foram os motivadores para a ideia de um veículo capaz de rodar com gasolina e álcool. (BOSCH).

Outra característica marcante do processo de internalização é a incorporação de conhecimento por meio de simulações ou experimentos (NONAKA; TOYAMA; KONNO, 2000), como foi demonstrado anteriormente na MM na questão da miscibilidade dos combustíveis. A empresa manteve o foco nos testes empíricos em detrimento dos estudos teóricos.

Na fase inicial, algum material de referência foi consultado, mas havia muito pouco a ser pesquisado na literatura sobre o tema (MM).

Pela internalização é possível também captar os *inputs* do mercado e imaginar os produtos em uso e como eles poderão ser vistos pelos consumidores (SCHULZE; HOEGL, 2008). Foi o caso, por exemplo, da Delphi ao visualizar um produto melhor que o carro a álcool:

A ideia para um veículo *flex fuel* surgiu por volta de 1998 com a notícia sobre o renascimento do Proálcool por meio da criação de uma lei Federal (Lei n° 9660 de 16 de junho de 1998) que criava o que foi denominado como “Frota Verde” (DELPHI).

A socialização é o outro modo de conversão de destaque nesta fase. Ele é suportado na MM a partir da concepção da ideia de um sistema bicomcombustível que passou por um estágio de compartilhamento de experiências e expectativas entre os membros da organização (NONAKA; TAKEUCHI, 2008):

O Pedro desenvolvia sistemas e havia trabalhado no desenvolvimento da ECU e o Bucci conhecia a aplicação, principalmente calibração. Eles começaram a imaginar o sistema, pois não sabiam se ele seria capaz de reconhecer o combustível utilizado e como iria funcionar (MM).

Na Bosch, as referências não são tão evidentes, mas suportam a tese que a socialização é empregada para a diluição de conhecimentos incorporados (tácitos) entre os engenheiros do projeto devido ao contato próximo e a troca constante de informações (SILVA, 2002) em um projeto anterior ao *flex*:

O pequeno grupo de engenheiros, que trabalhava no projeto para a Autolatina, recebeu a notícia que a Ford havia optado pela utilização de um fornecedor americano para o desenvolvimento da solução que estava sendo oferecida. Uma parte desta equipe original (oito engenheiros) passou a se dedicar então ao projeto do sistema *flex fuel*, após o convencimento da diretoria que o álcool ainda poderia ser uma opção interessante de combustível em um futuro próximo (BOSCH).

A ideia do *flex fuel* nasceu nos níveis intermediários da organização, sendo importante a socialização como instrumento para gerar conhecimento na organização e para conquistar, inclusive, a aprovação da matriz:

O sucesso do projeto passou pelo convencimento da matriz americana, que até aquele momento era o único centro que desenvolvia novas tecnologias, mostrando a viabilidade de desenvolver o projeto no Brasil. O processo de convencimento envolveu pessoas experientes que trabalhavam no Brasil e que tinham respeito junto à direção da companhia (DELPHI).

Os quadros abaixo resumem as referências na transformação do conhecimento nesta fase de pré-desenvolvimento. Os números ao final das frases remetem a referências encontradas na literatura apresentadas no apêndice 4.

Quadro 13- Transformações do conhecimento na fase de pré-desenvolvimento na Bosch

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explícito)	Combinação (explícito-explícito)	Internalização (explícito-tácito)
O pequeno grupo de			Nesta época, a equipe de

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explícito)	Combinação (explícito-explícito)	Internalização (explícito-tácito)
<p>engenheiros, que trabalhava no projeto para a Autolatina, recebeu a notícia que a Ford havia optado pela utilização de um fornecedor americano para o desenvolvimento da solução que estava sendo oferecida. Uma parte desta equipe original (oito engenheiros) passou a se dedicar então ao projeto do sistema <i>flex fuel</i>, após o convencimento da diretoria que o álcool ainda poderia ser uma opção interessante de combustível em um futuro próximo.^{1,2}</p>			<p>P&D brasileira teve acesso a um projeto desenvolvido pela Bosch alemã para a BMW, que consistia em um veículo <i>flex fuel</i> voltado para o mercado americano. O motor era equipado com uma <i>electronic control unit</i> (ECU) que estava ligada a um sensor capacitivo, capaz de informar qual a mistura de combustível utilizada (entre gasolina e metanol) para a correta regulação do motor.¹⁶</p> <p>Essa experiência, somada à adição de 22% de álcool anidro na gasolina brasileira (E22) que forçou os fornecedores de sistemas de injeção a desenvolverem soluções para melhorar o desempenho do motor, via utilização de sensores, foram os motivadores para a ideia de um veículo capaz de rodar com gasolina e álcool.¹⁶</p> <p>Reforçou o conceito, a crise de abastecimento do álcool e as dificuldades enfrentadas por consumidores de veículos movidos com o combustível, sendo marcante a reportagem de um taxista, revoltado pela falta de combustível, que em protesto, incendiou seu carro em frente ao congresso nacional em Brasília.¹⁶</p> <p>A mistura de álcool etílico hidratado (4% de água), álcool anidro e gasolina era, entretanto, desacreditada, mas a partir de um estudo publicado pelo físico, matemático e químico Josiah W. Gibbs, a equipe</p>

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explícito)	Combinação (explícito-explícito)	Internalização (explícito-tácito)
			da Bosch mostrou a viabilidade da mistura, graças à miscibilidade de álcool etílico, gasolina e água em temperaturas superiores a -12°C. ¹⁶

Quadro 14 - Transformações do conhecimento na fase de pré-desenvolvimento na Magneti Marelli

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explícito)	Combinação (explícito-explícito)	Internalização (explícito-tácito)
<p>Ele conseguiu vender a ideia para Vagner Gavioli, que era responsável pela área de <i>software</i> e <i>hardware</i>, apesar de resistências internas à ideia.²</p> <p>O Pedro desenvolvia sistemas e havia trabalhado no desenvolvimento da ECU e o Bucci conhecia a aplicação, principalmente calibração. Eles começaram a imaginar o sistema, pois não sabiam se ele seria capaz de reconhecer o combustível utilizado e como iria funcionar.¹</p>			<p>Em 1998, após a perda de um contrato para equipar veículos a álcool da VW, parte dos sessenta profissionais da equipe de desenvolvimento teve duas importantes percepções. Primeiro, enxergou uma oportunidade para o desenvolvimento de um novo produto que pudesse ser independente do combustível utilizado no veículo, uma vez que o álcool já não era mais interessante, mas poderia voltar a ser.¹⁶</p> <p>Na ocasião, Fernando Damasceno, ex-engenheiro da VW e na MM há aproximadamente cinco anos enxergou a solução de um modo diferente. Ao invés de fazer o reconhecimento do combustível utilizando o sensor capacitivo (caro e ineficiente para as condições brasileiras), resolveu empregar apenas o sensor de oxigênio (sonda lambda) para identificar, após a queima, a nova composição de combustível que alimenta o veículo, com apoio de mudanças significativas no <i>software</i>.¹⁶</p> <p>Na fase inicial, algum material de referência foi consultado, mas havia muito pouco a ser pesquisado na literatura</p>

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explícito)	Combinação (explícito-explícito)	Internalização (explícito-tácito)
			<p>sobre o tema.¹⁶</p> <p>A solução foi testar diversas quantidades até se encontrar a ideal. A mesma metodologia foi empregada para verificar a viabilidade técnica da mistura álcool (hidratado e anidro) e gasolina que foi obtido pela análise empírica promovida nos protótipos (improvisados) construídos, além dos testes conduzidos com um motor no dinamômetro de bancada.¹⁵</p>

Quadro 15 - Transformações do conhecimento na fase de pré-desenvolvimento na Delphi

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explícito)	Combinação (explícito-explícito)	Internalização (explícito-tácito)
<p>O sucesso do projeto passou pelo convencimento da matriz americana, que até aquele momento era o único centro que desenvolvida novas tecnologias, mostrando a viabilidade de desenvolver o projeto no Brasil. O processo de convencimento envolveu pessoas experientes que trabalhavam no Brasil e que tinham respeito junto à direção da companhia.¹</p>			<p>A ideia para um veículo <i>flex fuel</i> surgiu por volta de 1998, com a notícia sobre o renascimento do Proálcool por meio da criação de uma lei Federal (Lei n° 9660 de 16 de junho de 1998) instituindo a denominada “Frota Verde”.¹⁶</p> <p>Neste sentido, foi consultada a norma da <i>American Society for Testing and Material</i> (ASTM D 6422-99) – <i>Standard Test Method for Water Tolerance (Phase Separation) of Gasoline-Alcohol Blends</i> – que apresenta um diagrama ternário de Gibbs para misturas gasolina, água e etanol.¹⁶</p> <p>Com relação à injeção, percebeu-se que ela guardava uma memória de variação do combustível de 10% a 20%. Imaginou-se se o sistema não poderia ser ajustado para suportar variações maiores, na</p>

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explícito)	Combinação (explícito-explícito)	Internalização (explícito-tácito)
			ordem de 80%, por exemplo. Houve um período em que se desenvolveu um sistema de injeção que continha mecanismos de memória e ajuste para trabalhar com variações significativas, ou seja, mudanças na composição do combustível do Brasil (E10, E20, E22 e adulterações), além do conhecimento de injeção para o E100 (desde 1986). A ideia de um carro bicomcombustível foi praticamente uma extensão desse conceito. ¹³

8.1.3 Construção do conhecimento - dimensão ontológica

A fase de pré-desenvolvimento sustenta o conceito que o conhecimento é gerado pelos indivíduos (NONAKA; TAKEUCHI, 2008). Houve intensa participação do conhecimento tácito dos engenheiros para a formatação da ideia de um sistema que pudesse compatibilizar as diferenças entre o álcool e a gasolina.

Na ocasião, Fernando Damasceno, ex-engenheiro da VW e na MM há aproximadamente cinco anos enxergou a solução de um modo diferente. Ao invés de fazer o reconhecimento do combustível com o sensor capacitivo (caro e ineficiente para as condições brasileiras), resolveu empregar apenas o sensor de oxigênio (sonda lambda) para identificar, após a queima, a nova composição de combustível que alimenta o veículo, com apoio de mudanças significativas no *software* (MM).

Mais tarde, observou-se a introdução do grupo no projeto devido a disseminação do conhecimento individual por meio da socialização.

Ele (Fernando Damasceno) conseguiu vender a ideia para Vagner Gavioli, que era responsável pela área de *software* e *hardware*, apesar de resistências internas à ideia (MM).

Em essência, o conhecimento na fase de pré-desenvolvimento foi canalizado para a justificação dos conceitos (técnicos e comerciais) da tecnologia *flex fuel*.

8.2 O desenvolvimento

A fase de desenvolvimento marca o fim da fase anterior e tem seu início definido por duas circunstâncias distintas. A primeira, com a aprovação formal do projeto para o seu desenvolvimento. A segunda, não ocorrendo a primeira situação, com a discussão das primeiras ideias práticas para a concepção de um novo produto.

São também duas as formas como se encerra esta fase: um comercial e outro técnico. O fim do desenvolvimento, em termos comerciais, diz respeito ao momento em que o produto é aprovado internamente pelo sistemista, que passa então a promovê-lo no mercado. Em virtude das características do setor estudado, o aqui definido desenvolvimento técnico, tem seu fim decretado após a aplicação do produto na montadora. Em outras palavras, esta fase termina quando a solução desenvolvida pelos sistemistas é implantada em um veículo da montadora e ganha as ruas.

8.2.1 Aspectos gerais do projeto

O primeiro fator que distingue as empresas nesta etapa é exatamente o grau de formalização com que o projeto foi conduzido. A formalização diz respeito à aprovação do projeto pela diretoria e principalmente, a alocação de recursos como pessoas e principalmente dinheiro para financiá-lo. Apenas a Bosch teve seu projeto formalizado desde o início, o que a permitiu ter mais recursos. Foram oito os engenheiros destacados em seu projeto, o dobro das demais empresas pesquisadas. Foi possível também comprar um veículo de testes, o GM Ômega e extrair desta experiência uma série de informações. Esse protótipo permitiu, entre outras coisas, testar duas soluções para a tecnologia (sensor capacitivo e sonda lambda) e examinar em detalhes os diversos componentes do motor, após longa quilometragem de uso. Entre os resultados colhidos dessa experiência está o desenvolvimento da bomba de combustível, hoje empregada nos carros *flex fuel*.

O grande laboratório da empresa foi o protótipo *flex fuel* utilizando o Ômega. O carro equipado com uma ECU e algoritmo para ajuste do motor (conforme o tipo de combustível) e um sensor capacitivo (que fazia o reconhecimento do combustível) incorporava como backup o sensor de oxigênio (sonda lambda). Os primeiros resultados foram publicados em 1994 (BOSCH).

O fator cultural, relacionado com a disposição da organização em investir em P&D, pesou na avaliação da viabilidade comercial do sistema *flex fuel*. Enquanto MM e Delphi só formalizaram seu projeto após os contratos de VW e GM, respectivamente, na Bosch não houve esta preocupação. O projeto integrou os chamados “projetos plataforma” e deste modo, as pesquisas puderam seguir sem a necessidade de um programa negociado com alguma montadora para financiá-lo. Embora possa se argumentar que a capacidade de investimento é definida, principalmente, pelos números da empresa no país (a Bosch apresenta o maior faturamento), não restam dúvidas, que uma cultura voltada para a inovação direciona expressivas parcelas de recursos para esta atividade. Fica também evidente, pelo número de patentes registradas, que a Bosch exibe uma atividade de inovação superior ao dos concorrentes.

Sem um cliente interessado na tecnologia *flex fuel*, MM e Delphi iniciaram de modo informal seus projetos, dependentes, deste modo, da dedicação dos engenheiros em viabilizar a solução. Esta prática reduziu a possibilidade de amplos testes e estudos, como a construção de protótipos em uma escala maior, restringindo a busca por melhores soluções técnicas para os problemas enfrentados. Após a conquista dos primeiros clientes, a situação se alterou, o projeto foi formalizado, recebeu recursos e avançou rapidamente. Não se pode desprezar a fase informal do projeto, pois deste modo foi possível antecipar o desenvolvimento. Quando as montadoras compraram o novo sistema, ambos os sistemistas já tinham acumulado grande parte do conhecimento necessário para o desenvolvimento da solução. Uma prática, de certo modo, comum no setor.

Na indústria automobilística, os projetos formalmente se iniciam com a aprovação da montadora mediante a “Carta de Nomeação”, mas informalmente os departamentos de engenharia se antecipam como foi o caso do sistema *flex fuel* da MM (MM).

Do mesmo modo que na fase de pré-desenvolvimento, nenhuma das empresas admite qualquer contato com concorrentes para troca de informações nesta etapa. Pode se especular, no entanto, que alguma forma de interação possa ter existido. Durante as entrevistas alguns contatos entre os engenheiros puderam ser percebidos, o que de algum modo também pode ser justificado, pelo fato de todos pertencerem a uma mesma geração de profissionais e pelo pequeno número de empresas do setor.

A utilização de infraestrutura e tecnologia facilitaram o fluxo do conhecimento nesta fase de desenvolvimento. Os laboratórios construídos pelas empresas possibilitaram a observação do funcionamento do sistema em diferentes condições de uso dos motores. A possibilidade de construir um protótipo e testá-lo por um longo período de tempo permitiu a Bosch alcançar níveis de diferenciação no aprendizado do projeto, levando-a a propor uma solução técnica robusta para o sistema *flex fuel*: a identificação do combustível antes da alimentação do motor, por meio de um sensor capacitivo e um sistema de *backup*, constituído pela sonda lambda localizada no escapamento. Este cuidado na construção de sua solução revelou-se, no entanto o ponto fraco da empresa. Sua proposta, centrada na utilização do sensor capacitivo e defendida em suas interações com o mercado, possibilitou a ascensão dos concorrentes que adquiriram competências no desenvolvimento do *software*, oferecendo assim a tecnologia a um menor custo, apenas com a sonda lambda. As condições do mercado nacional caracterizado pela falta de rigidez com relação aos limites de emissões de poluentes e sensibilidade ao preço fizeram a alternativa inferior tecnicamente emergir como *design* dominante (ANDERSON; TUSHMAN, 1990). Em termos práticos, a Bosch, pioneira no desenvolvimento da tecnologia, foi a última a lançá-la.

Com relação às fontes de conhecimento externo, não foram identificadas contribuições significativas dadas por fornecedores no processo. Porém, a participação das matrizes foi apontada por todos como relevante, porém não decisiva para o desenvolvimento da solução.

[...] e alguns poucos contatos com especialistas da matriz, que resultaram mais em sugestões do que soluções para os problemas (MM).

Na ocasião, a grande fonte de conhecimento estava centralizada nas matrizes, exceto pelo *know how* adquirido pela engenharia brasileira com o álcool. A experiência com a injeção eletrônica, a construção de algoritmos e principalmente o contato com a solução FFV desenvolvida para o mercado norte-americano fizeram os engenheiros brasileiros consultarem seus pares na Alemanha, Itália e EUA para desenvolver a solução aqui no país, como ilustrado pelo exemplo da Bosch:

A reunião de *kick-off* do projeto ocorreu na matriz e contou com a participação dos engenheiros que desenvolveram a solução para a BMW, entretanto, na avaliação da equipe brasileira, o conhecimento disponível na matriz sobre o tema, era ainda superficial e que muita coisa precisaria ser desenvolvida para viabilizar o sistema *flex fuel* brasileiro (BOSCH).

[em 2000] a equipe do desenvolvimento do Ômega, em conjunto com técnicos da Alemanha, retomou o projeto e passou a trabalhar em um novo sistema (BOSCH).

O *know how* brasileiro com álcool combustível envolvia os componentes utilizados no motor e mais tarde, desenvolvimento e calibração de sistemas de injeção eletrônica. Diferentemente dos países que sediavam as matrizes, a composição e a qualidade do combustível no Brasil variava muito de uma região para outra, agravando-se com as adulterações. Estas constatações forçaram os sistemistas a criarem mecanismos de controle nos algoritmos da ECU, para ajustar o motor, que mais tarde, aperfeiçoados, se converterem nos algoritmos do sistema bicombustível. Esta situação ainda se observou e foi claramente verificada, após o lançamento dos veículos *flex*, em 2004. Nessa época, o elevado estoque de álcool anidro era “convertido” para álcool hidratado por meio da simples adição de água no combustível (o chamado álcool molhado). Um alerta da indústria as autoridades responsáveis pela fiscalização dos postos de abastecimento alterou a situação. Em sua essência, o aprendizado necessário para o projeto de desenvolvimento do sistema bicombustível foi o de aperfeiçoar o algoritmo construído pela integração dos *softwares* para sistemas de injeção a álcool e gasolina.

Os engenheiros começaram pelo estudo comparativo entre as características da injeção para álcool e gasolina, identificando os pontos em comum e as diferenças que poderiam ser superadas e/ou complementadas. Esse estudo envolveu a busca de soluções específicas junto a engenheiros da matriz com competências desenvolvidas para alguns componentes (BOSCH).

A análise do algoritmo do motor *flex* integrou o conhecimento dos sistemas utilizados nos motores a álcool e gasolina adicionando a parte de reconhecimento do combustível e a ponderação entre os dois (percentuais de álcool e gasolina) (MM).

Talvez, o grande mérito do desenvolvimento do sistema *flex fuel* seja exatamente esse. A matriz foi “mais uma” das fontes de conhecimento disponíveis utilizada pelos três sistemistas brasileiros. Não houve relação de dependência. O sucesso do projeto reside na capacidade demonstrada pelos sistemistas de integrar diversas fontes de conhecimento, para formatar o conceito básico e adicionar algo novo ao sistema, para que ele funcionasse nas condições de uso locais.

Além do envolvimento das matrizes, as empresas pesquisadas contaram naturalmente com a participação das montadoras no projeto. Com elas, os fornecedores puderam aprender como o seu sistema se integra com os demais componentes do veículo e até mesmo como gerenciar projetos.

Com seus clientes aprende muito sobre tecnologia de motores, seja no momento da calibração, em reuniões de projeto e nos feedbacks recebidos após análise crítica de seus relatórios técnicos (BOSCH).

A MM tem se caracterizado por implantar projetos com grande rapidez, julga o seu processo de desenvolvimento flexível, embora reconheça que tem aprendido muito com as montadoras com relação à estruturação e documentação do processo de desenvolvimento, deste modo normas e procedimentos estão sendo aprimorados (MM).

As montadoras mantêm a governança na cadeia de suprimento, por meio do seu poder econômico e seu conhecimento sobre a arquitetura do produto. Para gerenciar esta rede de fornecedores, as montadoras reconhecidamente promovem disputas entre seus fornecedores para acessar a melhor tecnologia ao melhor custo (CAPUTO; ZIRPOLI, 2002). São dois os mecanismos básicos empregados por elas: manutenção de mais de um fornecedor para cada sistema e transferência deliberada de conhecimento entre os sistemistas.

Casos de problemas vivenciados pelo produto da Delphi e de concorrentes no campo, comentários de montadoras sobre sistemas dos concorrentes (para a Delphi essa é a maior fonte de informações e de uniformização de conhecimento entre os fornecedores) [...] (DELPHI).

Outra importante fonte de conhecimento tem sido negligenciada pelas empresas pesquisadas: o contato com universidades e outras instituições. A Bosch aproveitou-se um pouco mais desta relação com reflexos positivos na construção do seu conhecimento.

Alguns grupos de trabalhos foram formados entre as engenharias da Bosch e de algumas montadoras, além da UNICA e Petrobrás, utilizando das especialidades de cada um para viabilizar um resultado mais rápido na detecção de contaminações do combustível, como minimizá-las e como tornar os produtos mais robustos (a linha de combustível como um todo: bomba, filtro de combustível, etc) (BOSCH).

O quadro abaixo resume os principais pontos do projeto na fase de desenvolvimento.

Quadro 16 - Resumo comparativo da fase de desenvolvimento

Desenvolvimento			
Pontos de análise	Bosch	Magneti Marelli	Delphi
Início do processo de desenvolvimento	Formal. Utilização de recursos de pesquisa da organização.	Início informal e improvisado. Utilização de recursos particulares para condução dos primeiros trabalhos.	Início informal, porém com a utilização de algum recurso da organização (ex.: veículo de frota).
Requisitos do projeto	Superar os parâmetros funcionais dos motores álcool e gasolina.	Atender simultaneamente requisitos de garantia da vida útil do motor, conforto do usuário ao dirigir, segurança do condutor e do passageiro	O motor base deveria ser mantido sem modificações para aperfeiçoar a eficiência usando etanol. Além disso, o veículo deveria

		e adequação as legislação de emissões de poluentes.	apresentar a mesma dirigibilidade tanto em etanol quanto em gasolina; o sistema deveria partir e ter boa dirigibilidade, usando 100% etanol com temperatura ambiente maior que 20°C; o <i>software</i> deveria aprender o percentual de etanol no tanque desde E0 até E100.
Participação de concorrentes	Nula	Nula	Nula
Participação de fornecedores	Muito pequena/Inexpressiva	Muito pequena/Inexpressiva	Muito pequena/Inexpressiva
Participação dos clientes	1º lançamento GM. Aprendizado sobre aplicação no motor do cliente.	1º lançamento VW. Aprendizado sobre aplicação no motor do cliente e gestão do projeto (procedimentos e formalização do processo).	1º lançamento GM. Aprendizado sobre aplicação no motor do cliente.
Participação da matriz	<ol style="list-style-type: none"> 1. Forneceu suporte, principalmente no desenvolvimento de algoritmos. 2. Não foi mais intensa pela falta de conhecimento sobre etanol. 3. Participou do <i>kick off</i> do projeto mostrando experiências com o carro <i>flex fuel</i> do mercado americano. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Forneceu suporte, principalmente no desenvolvimento de algoritmos. 2. Não foi mais intensa pela falta de conhecimento sobre etanol. 3. Era consultada para solução de problemas técnicos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Forneceu suporte, principalmente no desenvolvimento de algoritmos. 2. Não foi mais intensa pela falta de conhecimento sobre etanol. 3. Processo de convencimento complicado.
Participação de outras instituições	Convênios com UNICAMP para utilização de laboratórios	Não houve.	Não houve.
Formalização do projeto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Processo moderadamente estruturado com um simples <i>check list</i> para as fases do projeto. 2. Documentação das etapas do desenvolvimento. 3. Registro de soluções para os problemas apresentados. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Processo moderadamente estruturado. 2. Baixo índice de registros documentados das etapas iniciais de desenvolvimento. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Processo moderadamente estruturado. 2. Documentação das etapas do desenvolvimento.
Equipe do projeto	8 pessoas. Na Bosch desde 1985-1988 Engenheiros e analista de sistemas. Conhecimento de motores a álcool e sistemas de injeção.	4 pessoas. Com 4 a 9 anos de MM. Experiências anteriores: Weber, VW, MM italiana, ABC Autronica. Conhecimento de motores a álcool e sistemas de injeção.	4 pessoas Pouco tempo de Delphi (1 a 2 anos). Experiência no mercado de 2 a 20 anos. Conhecimento de motores a álcool e sistemas de injeção.
Ferramentas de	Laboratórios de	Intercâmbio de	Treinamentos nos EUA

aprendizagem	combustíveis e materiais. Treinamentos na Alemanha. Intercâmbio intenso de engenheiros (hoje nem tanto). <i>Softwares</i> simuladores. Reuniões de projeto. <i>Papers</i> de congressos. Testes (simulação de condições de uso).	engenheiros (pouco). <i>Papers</i> de congressos. <i>Softwares</i> simuladores. Testes (simulação de condições de uso). Reuniões de projeto. Sessões de <i>brainstrom</i> .	(subordinados à necessidade). Pesquisa em base de patentes. <i>Papers</i> de congressos. <i>Softwares</i> simuladores. Testes (simulação de condições de uso). Reuniões de projeto. Sessões de <i>brainstorm</i> .
--------------	--	--	--

8.2.2 Construção do conhecimento - dimensão epistemológica

Diferentemente da fase anterior, o desenvolvimento do projeto apresenta diferenças com relação à transformação do conhecimento entre as empresas analisadas. A pesquisa sugere que a formalização do processo de desenvolvimento favoreça todos os modos de conversão do modelo SECI, com destaque ao conhecimento explícito. A informalidade do projeto, ao contrário, daria ênfase a formação do conhecimento tácito.

A pesquisa sugere que a fase informal dos projetos MM e Delphi geraram mais conhecimento tácito do que explícito. Na MM as evidências encontradas na internalização (relacionadas a testes e experimentos) corroboram para esta observação, quando confrontadas com a forma como os resultados eram reportados (socialização). Ambos os modos de conversão do conhecimento observados, apontam para o fato que o conhecimento gerado pelos protótipos foi acumulado na mente dos engenheiros e não em registros do projeto:

Os resultados colhidos eram constantemente reportados para a equipe de desenvolvimento da MM e inclusive ao seu presidente em conversas informais (MM).

Quando o processo se torna formal surge à necessidade dos registros. A externalização aparece, inclusive para a definição do conceito do produto (NONAKA; TOYAMA; KONNO, 2000) numa forma que possa ser compreensível por outros (NONAKA; KONNO, 1998) como foi o caso da Delphi:

Durante o projeto toda informação foi processada e muito material (apresentações, relatórios, etc) foi produzido (DELPHI).

Parte das especificações foi definida pelos clientes da Delphi, em outras palavras, o motor base deveria ser mantido sem modificações para aperfeiçoar a eficiência usando etanol. Além disso, o veículo deveria apresentar a mesma dirigibilidade tanto em etanol quanto em gasolina; o sistema deveria partir e ter boa dirigibilidade, usando 100% etanol com temperatura ambiente maior que 20°C; o *software* deveria aprender o percentual de etanol no tanque desde E0 até E100 (DELPHI).

Os relatórios de desenvolvimento, que registraram as impressões e soluções empregadas no desenvolvimento e os relatórios dos testes de validação, típicos da gestão formal do projeto, reforçam a externalização.

Para algumas etapas era necessário produzir um relatório de desenvolvimento que era arquivado para futuras consultas (BOSCH).

Normalmente, os testes necessários para aprovação do produto são efetuados pela engenharia e os relatórios são preparados para a validação pelos responsáveis pela qualidade (MM).

Para a condução do processo de desenvolvimento de produtos, a construção de protótipos é um componente essencial (LEONARD-BARTON, 1998). Neste processo, o conhecimento explícito assume a forma de tecnologias e componentes (NONAKA; TAKEUCHI, 2008). O protótipo Ômega construído pela Bosch sustenta a combinação como uma importante conversão do conhecimento, além dos protótipos improvisados da MM e da Delphi.

Uma pequena equipe, composta pelos engenheiros Vagner Gavioli, Alberto Bucci e Pedro Henrique Monnerat Junior, além do próprio Fernando Damasceno, iniciou, informalmente, os primeiros testes com dois veículos equipados com sistema de injeção da MM: uma VW Parati da MM e o carro particular de Bucci, um VW Polo Classic (MM).

Esse tipo desenvolvimento, em geral, é executado em carros da frota e/ou adicionado em carros conceito solicitados pelas montadoras para algum projeto específico (DELPHI).

A diferença reside na forma com que a combinação de conhecimentos explícitos é internalizada pelos engenheiros. Um processo formal permite a realização de testes e análises mais aprofundados, com evidentes vantagens para a construção do conhecimento organizacional, o que já não ocorre em um projeto informal. A comparação entre as experiências da Bosch e da MM ilustra essa situação:

[...] e cinco anos depois, após rodar 260.000 km, o carro (Ômega 1994) foi desmontado e todos os componentes analisados (BOSCH).

Após um ano de experimentações (entre 2000 e 2001), a ECU de primeira geração, que equipava os protótipos, não possibilitava a evolução dos testes, mas com ela foi possível confirmar a viabilidade da ideia (MM).

A socialização também foi uma das conversões do conhecimento registradas, independentemente do grau de formalização do projeto. Na Bosch e MM, além das evidências coletadas nas entrevistas, foi possível observar *in loco* que o espaço físico favorece o contato pessoal das equipes de projeto.

Embora as reuniões informais (ex. bate-papo na hora do café) tivessem resultado em algumas ideias para o projeto, as principais discussões e iniciativas surgiram nas reuniões formais da equipe junto a gerência da área, considerado um líder aberto a experimentação de novos conceitos (BOSCH).

Mesmo no caso da Bosch, quando no início do desenvolvimento, parte da equipe estava na Alemanha e a outra no Brasil, o contato entre os profissionais era diário. Além dos contatos entre a equipe de projetos, a interação direta com clientes (montadoras) também é indicativo da presença da socialização como forma de aquisição de conhecimento (NONAKA; KONNO, 1998). Outra evidência que aponta para a troca de conhecimentos tácitos é a constituição das equipes de projeto, quando profissionais experientes eram mesclados com mais novos facilitando o processo compartilhado de experiências (AOSHIMA, 2002; NONAKA; TAKEUCHI, 2008).

Os processos de desenvolvimento, conforme a necessidade e a urgência requerida são executados de modo informal e improvisado e o conhecimento é transmitido de maneira prática, também sem formalidade, entre as gerações de engenheiros durante o andamento dos projetos (*learning by doing*) (MM).

Os quadros abaixo resumem as referências na transformação do conhecimento nesta fase de desenvolvimento. Os números ao final das frases remetem a referências encontradas na literatura apresentadas no apêndice 4.

Quadro 17 - Transformações do conhecimento na fase de desenvolvimento na Bosch

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explícito)	Combinação (explícito-explícito)	Internalização (explícito-tácito)
A reunião de <i>kick-off</i> do projeto ocorreu na matriz e contou com a participação dos engenheiros que desenvolveram a solução para a BMW, entretanto, na avaliação da equipe brasileira, o conhecimento disponível na matriz sobre o tema, era ainda superficial e que muita coisa precisaria ser desenvolvida para viabilizar o sistema <i>flex fuel</i> brasileiro. ¹	O desafio para a equipe era desenvolver um sistema com resultados que superassem os parâmetros funcionais dos motores a álcool e gasolina existentes na ocasião. ⁶	No Natal de 1992, teve início o desenvolvimento do algoritmo do <i>software</i> da ECU <i>flex fuel</i> utilizando a experiência da engenharia alemã com sistemas de injeção e o banco de dados que a companhia mantinha na matriz para a criação de algoritmos. A base para o desenvolvimento foi o algoritmo para a injeção eletrônica do motor a álcool. Estima-se que as modificações necessárias nas funções do <i>software</i> foram em torno de 15 a 20% do original com a introdução de 5 a 10% de inovações no sistema. ⁹	A equipe iniciou os trabalhos estudando a solução americana com “sensor metanol” (capacitivo) fornecido pela JECS (<i>Japanese Electronic Control System</i>) em um motor BMW seis cilindros. Em paralelo, outro estudo foi conduzido com um Jetta da Volkswagen, utilizando um sensor lambda. ¹⁶
Com seus clientes aprende muito sobre	Para algumas etapas era necessário produzir um relatório de desenvolvimento que era arquivado para futuras consultas. ⁵		O aprendizado foi acrescido com o estudo de diversos <i>papers</i> relacionados com o projeto e com a condução
	A preocupação quanto à retenção do conhecimento gerado pela empresa não se		

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explicito)	Combinação (explícito-explicito)	Internalização (explícito-tácito)
<p>tecnologia de motores, seja no momento da calibração, em reuniões de projeto e nos <i>feedbacks</i> recebidos após análise crítica de seus relatórios técnicos.⁴</p> <p>Embora as reuniões informais (ex. bate-papo na hora do café) tivessem resultado em algumas ideias para o projeto, as principais discussões e iniciativas surgiram nas reuniões formais da equipe junto a gerência da área, considerado um líder aberto a experimentação de novos conceitos.^{1,2}</p> <p>O fechamento deste trabalho na matriz envolveu todos os especialistas e a equipe brasileira em uma reunião para validação geral do <i>design</i> do <i>software</i>.¹</p>	<p>resume apenas as patentes depositadas. Ela permeia as normas e procedimentos da companhia que assegura que parte do conhecimento tácito de seus engenheiros seja incorporada pela empresa por meio de registros que notificam qualquer especificidade do projeto durante o seu desenvolvimento.⁸</p>	<p>Os engenheiros começaram pelo estudo comparativo entre as características da injeção para álcool e gasolina, identificando os pontos em comum e as diferenças que poderiam ser superadas e/ou complementadas. Esse estudo envolveu a busca de soluções específicas junto a engenheiros da matriz com competências desenvolvidas para alguns componentes.¹⁰</p> <p>O grande laboratório da empresa foi o protótipo <i>flex fuel</i> utilizando o Ômega. O carro equipado com uma ECU e algoritmo para ajuste do motor (conforme o tipo de combustível) e um sensor capacitivo (que fazia o reconhecimento do combustível) incorporava como <i>backup</i> o sensor de oxigênio (sonda lambda). Os primeiros resultados foram publicados em 1994.¹¹</p> <p>Alguns grupos de trabalhos foram formados entre as engenharias da Bosch e de algumas montadoras, além da UNICA e Petrobrás, utilizando das especialidades de cada um para viabilizar um resultado mais rápido na detecção de contaminações do combustível, como minimizá-las e como tornar os produtos mais robustos (a linha de combustível como um todo: bomba, filtro de combustível, etc).¹²</p> <p>O sistema já era construído de maneira modular, tendo na Alemanha um responsável mundial por cada função do <i>software</i>: detonação, partida, pós-partida, ignição, injeção, supervisão do pedal, etc. Com isto, foi necessário revalidar o conceito de 1992 discutindo o <i>design</i> do <i>software</i> com cada um dos especialistas</p>	<p>de experimentos realizados nas bancadas de testes.¹⁶</p> <p>[...] e cinco anos depois, após rodar 260.000 km, o carro (Ômega 1994) foi desmontado e todos os componentes analisados.¹⁵</p>

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explícito)	Combinação (explícito-explícito)	Internalização (explícito-tácito)
		(responsáveis por cada função do algoritmo) para depois integrar todos os módulos e constituir o algoritmo <i>flex fuel</i> . ^{9,10}	

Quadro 18 - Transformações do conhecimento na fase de desenvolvimento na Magneti Marelli

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explícito)	Combinação (explícito-explícito)	Internalização (explícito-tácito)
<p>Os resultados colhidos eram constantemente reportados para a equipe de desenvolvimento da MM e inclusive ao seu presidente em conversas informais.³</p> <p>[...] e alguns poucos contatos com especialistas da matriz, que resultaram mais em sugestões do que soluções para os problemas.¹</p> <p>Os processos de desenvolvimento, conforme a necessidade e a urgência requerida são executados de modo informal e improvisado e o conhecimento é transmitido de maneira prática, também sem formalidade, entre as gerações de engenheiros durante o andamento dos projetos (<i>learning by doing</i>). No caso <i>flex fuel</i> não houve uma reunião de encerramento para condensar as lições do desenvolvimento.¹</p> <p>A MM tem se caracterizado por implantar projetos com grande rapidez, julga o seu processo de desenvolvimento flexível, embora reconheça que tem aprendido muito com as montadoras com relação</p>	<p>O time enfrentou os seguintes desafios: O <i>software</i> deveria reconhecer o combustível no tanque, sem um sensor específico e processar as informações sobre a mistura do combustível com as obtidas por outros sensores; adaptar o motor para o novo combustível: o álcool é completamente diferente da gasolina, e por isso é necessário readaptar todos os parâmetros conforme o tipo de combustível ou sua mistura; desenvolver uma solução que atende simultaneamente requisitos de garantia da vida útil do motor, conforto do usuário ao dirigir, segurança do condutor e do passageiro e adequação as legislação de emissões de poluentes.⁶</p> <p>Normalmente, os testes necessários para aprovação do produto são efetuados pela engenharia e os relatórios são preparados para a validação pelos responsáveis pela qualidade.⁵</p>	<p>A análise do algoritmo do motor <i>flex</i> integrou o conhecimento dos sistemas utilizados nos motores a álcool e gasolina adicionando a parte de reconhecimento do combustível e a ponderação entre os dois (percentuais de álcool e gasolina). Estima-se em 30% a parte nova desenvolvida no algoritmo que não se encontrava no antigo <i>software</i> utilizado tanto na gasolina como no álcool.⁹</p> <p>Uma pequena equipe, composta pelos engenheiros Vagner Gavioli, Alberto Bucci e Pedro Henrique Monnerat Junior, além do próprio Fernando Damasceno, iniciou, informalmente, os primeiros testes com dois veículos equipados com sistema de injeção da MM: uma VW Parati da MM e o carro particular de Bucci, um VW Polo Classic¹¹</p>	<p>Mesmo que de modo improvisado, a partir de 1999, a MM iniciou um projeto de desenvolvimento de uma solução bicomcombustível utilizando todo o <i>background</i> da companhia no desenvolvimento de soluções via <i>software</i>.¹³</p> <p>Esta solução rivalizava com a tecnologia apresentada em um seminário realizado no IPT em 2000 pela concorrente Bosch, que contava com um sensor capacitivo instalado na linha de alimentação do combustível e um sensor de oxigênio como <i>backup</i>.¹⁶</p> <p>Para se ter uma ideia, o VW Polo Classic de Bucci contava com um piloto de testes inusitado e alheio a todo o processo, a sua própria esposa.¹⁵</p> <p>As dificuldades desta fase informal de experimentos, como a homogeneização da mistura álcool-gasolina, foram contornadas por um processo de tentativa e erro¹⁵</p> <p>O processo de desenvolvimento do conceito foi muito</p>

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explícito)	Combinação (explícito-explícito)	Internalização (explícito-tácito)
à estruturação e documentação do processo de desenvolvimento, deste modo normas e procedimentos estão sendo aprimorados. ⁴			<p>interativo, principalmente entre os membros da equipe. Quando implantavam uma mudança, observavam o resultado, ajustavam e melhoravam as funcionalidades. ¹⁵</p> <p>Após um ano de experimentações (entre 2000 e 2001), a ECU de primeira geração, que equipava os protótipos, não possibilitava a evolução dos testes, mas com ela foi possível confirmar a viabilidade da ideia ¹⁵</p> <p>Para avaliar o desempenho dos novos modelos e do <i>software</i> empregado, a empresa, juntamente com as montadoras, testa em um período de três a seis meses cerca de dez carros antes do emprego da tecnologia em escala produtiva. ¹⁵</p>

Quadro 19 - Transformações do conhecimento na fase de desenvolvimento na Delphi

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explícito)	Combinação (explícito-explícito)	Internalização (explícito-tácito)
A equipe foi formada com quatro pessoas entre dois a vinte anos de experiência com formação em engenharia mecânica e eletrônica. Não havia propriamente uma área de P&D, mas a equipe contava com conhecimentos na área de <i>hardware</i> , <i>software</i> , sistemas, calibração e construção de algoritmos. ²	Parte das especificações foi definida pelos clientes da Delphi, em outras palavras, o motor base deveria ser mantido sem modificações para aperfeiçoar a eficiência usando etanol. Além disso, o veículo deveria apresentar a mesma dirigibilidade tanto em etanol quanto em gasolina; o sistema deveria partir e ter boa dirigibilidade, usando 100% etanol com temperatura ambiente maior que 20°C; o <i>software</i> deveria	<p>Para o projeto <i>flex fuel</i> (iniciado em 2000) foram determinantes duas fontes de conhecimento: o carro a álcool e a injeção eletrônica. ⁹</p> <p>No caso do sistema <i>flex fuel</i> da Delphi, o <i>software</i> foi construído em cima do sistema para motor a gasolina (o algoritmo do álcool estava muito defasado) com 20% de alterações e 10% de novos desenvolvimentos. Além da importação de algoritmos de controle do sistema de partida auxiliar da base de</p>	Os técnicos no Brasil também tiveram acesso ao desenvolvimento da Delphi EUA, que em 1995, havia iniciado a aplicação de um sistema <i>flex fuel</i> equipado com sensor capacitivo em uma <i>pickup</i> GM, modelo Sonoma, lançada no mercado em 2000. A filial brasileira recebeu um veículo para testes que não se revelaram promissores, dado a inaptidão do sensor capacitivo instalado no veículo para o combustível brasileiro. ¹⁵

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explícito)	Combinação (explícito-explícito)	Internalização (explícito-tácito)
	<p>aprender o percentual de etanol no tanque desde E0 até E100.⁶</p> <p>Durante o projeto toda informação foi processada e muito material (apresentações, relatórios, etc) foi produzido.⁵</p>	<p><i>software</i> para etanol.⁹</p> <p>Os projetos, entretanto, não são <i>plug and play</i>. Os <i>softwares</i> são diferentes para cada aplicação. Há funções específicas e requisitos diferentes para cada montadora.¹²</p> <p>Esse tipo desenvolvimento, em geral, é executado em carros da frota e/ou adicionado em carros conceito solicitados pelas montadoras para algum projeto específico.¹¹</p> <p>Os algoritmos de controle desenvolvidos fazem parte de um <i>core</i> de aplicações globais da Delphi.⁹</p> <p>Casos de problemas em campo, da Delphi e de concorrentes, comentários de montadoras sobre sistemas dos concorrentes (para a Delphi essa é a maior fonte de informações e de uniformização de conhecimento entre os fornecedores), pesquisa em base de patentes no Brasil, EUA e Europa.¹²</p>	<p><i>Papers</i> de congressos nesse campo de conhecimento também são constantemente pesquisados [...]¹⁶</p>

8.2.3 Construção do conhecimento - dimensão ontológica

Nesta fase de desenvolvimento, a internalização está estreitamente ligada com a formação do conhecimento individual (a condução de estudos, como nos exemplos da Bosch e Delphi), além da possibilidade de construção do conhecimento do grupo, por meio da compreensão coletiva do resultado dos testes (como ilustrado no exemplo da MM):

O aprendizado foi acrescido com o estudo de diversos *papers* relacionados com o projeto e com a condução de experimentos realizados nas bancadas de testes (BOSCH).

Papers de congressos nesse campo de conhecimento também são constantemente pesquisados (DELPHI).

O processo de desenvolvimento do conceito foi muito interativo, principalmente entre os membros da equipe. Quando implantavam uma mudança, observavam o resultado, ajustavam e melhoravam as funcionalidades (MM).

A socialização mantém características que são sugestivas de sua participação na formação do conhecimento do grupo.

O fechamento deste trabalho na matriz envolveu todos os especialistas e a equipe brasileira em uma reunião para validação geral do *design* do *software* (BOSCH).

Além de estar envolvida com a aprendizagem do grupo, a externalização, ao lado da combinação, passa a ter papel relevante na formação do conhecimento organizacional.

A preocupação quanto à retenção do conhecimento gerado pela empresa não se resume apenas as patentes depositadas. Ela permeia as normas e procedimentos da companhia que assegura que parte do conhecimento tácito de seus engenheiros seja incorporada pela empresa por meio de registros que notificam qualquer especificidade do projeto durante o seu desenvolvimento (Externalização – BOSCH).

Os algoritmos de controle desenvolvidos fazem parte de um *core* de aplicações globais da Delphi (Combinação – DELPHI).

Desta forma, o conhecimento organizacional é construído a partir de duas fontes: o conhecimento explícito, divulgado nos registros da companhia, relatórios de desenvolvimento, banco de dados (externalização e combinação) e pelo conhecimento tácito, com a internalização (estudo de soluções técnicas) e com a troca de experiências entre diferentes gerações de engenheiros (socialização) (AOSHIMA, 2002).

A equipe do projeto foi formada com quatro pessoas entre dois a vinte anos de experiência com formação em engenharia mecânica e eletrônica. Não havia propriamente uma área de P&D, mas a equipe contava com conhecimentos na área de *hardware*, *software*, sistemas, calibração e construção de algoritmos (DELPHI).

Após a assinatura do contrato de fornecimento, no momento da aplicação do sistema *flex* no motor, começou uma intensa relação de troca de conhecimentos entre o sistemista e a montadora. Essa interação é a base para a criação do conhecimento interorganizacional por meio da combinação de conhecimentos explícitos: do lado da montadora, o conjunto de informações dos componentes e da arquitetura do motor e do lado do sistemista, as funcionalidades do algoritmo da ECU.

Os projetos, entretanto não são *plug and play*. Os *softwares* são diferentes para cada aplicação. Há funções específicas e requisitos diferentes para cada montadora (DELPHI).

Em resumo, a fase de desenvolvimento canalizou o conhecimento para a integração de tecnologias, que viabilizaram um algoritmo, capaz de conjugar as características do álcool e da gasolina.

8.3 O pós-desenvolvimento

Se por um lado, a fase de pós-desenvolvimento pode ter um início comercial e outro técnico, por outro, não há propriamente um fim para esta fase. Porém, para se delimitar a análise conceitual proposta neste trabalho, o pós-desenvolvimento tem seu fim delimitado por novos desenvolvimentos e/ou conquista de novos clientes por meio do sistema *flex fuel*.

8.3.1 Aspectos gerais do projeto

A primeira empresa a lançar a tecnologia *flex fuel*, em abril de 2003, foi a MM. A empresa patenteou seu sistema em 2002 e graças a ele, conquistou novos clientes como Ford, Mitsubishi e Citroën. O sistema foi aperfeiçoado e o Tetrafuel lançado no mercado, porém sem grande apelo comercial. A segunda empresa a equipar um veículo nacional com o sistema bicomustível, em junho de 2003, foi a Delphi. Embora tenha feito um importante lançamento, pois diferentemente do Gol com sistema da MM, o Corsa equipado com o seu sistema era de série, a Delphi foi a única empresa pesquisada a não conquistar novos clientes, com seu sistema *flex fuel*. Já a Bosch divulgou sua tecnologia em um *paper* em 1994, mas só em setembro de 2003 é que viu sua solução ir para o mercado. Recentemente, a Bosch introduziu o Flex Start[®], tecnologia que dispensa o tanque auxiliar de gasolina (lançado em um VW Polo em 2009) e conquistou novos clientes como Nissan, PSA e Honda. Derivada do projeto *flex*, a bomba de combustível, que hoje está presente em 95% dos carros *flex* fabricados, foi lançada no início dos anos 2000.

O lançamento da tecnologia *flex fuel* tornou as três empresas, centros de referência para o desenvolvimento de projetos com combustíveis alternativos. Todas também tem disponibilizado engenheiros para os projetos mundiais de suas organizações, interagindo com grupos de pesquisa de todas as partes do mundo.

O quadro abaixo resume os principais pontos da fase de pós-desenvolvimento.

Quadro 20 - Resumo comparativo da fase de pós-desenvolvimento

Pós-Desenvolvimento			
Pontos de análise	Bosch	Magneti Marelli	Delphi
“Fim” do processo de desenvolvimento	1994 (solução com sensor capacitivo e sensor lambda CASTRO; KOSTER; FRANIECK, 1994)	2002 (SFS [®] . Patente PI0202226-5)	2003 (lançamento do Corsa da GM).
Encerramento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reunião de fechamento do projeto. 2. Registro das lições aprendidas. 3. Parte da equipe de projeto fica ativa por 6 meses fazendo acompanhamento. 4. Problemas no campo recolhidos pelo pessoal da qualidade com investigação da causa (raiz) do problema. 5. Novos testes para aprovação do produto são criados com base nas experiências de campo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acompanhamento dos problemas do campo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acompanhamento dos problemas do campo por meio de relatórios – formais e informais (da Delphi e em algumas vezes de problemas com sistemas de concorrentes). As informações são processadas para melhorar o sistema desenvolvido pela empresa.
Resultados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Novos clientes (Nissan, PSA, Honda). 2. Filial brasileira centro de referência. 3. Engenheiros trabalhando em projetos globais de desenvolvimento. 4. Bomba de combustível adotada por todas as montadoras (possibilitou a conquista de novos contratos). 5. Sistema <i>Flex Start</i> (partida a frio sem tanque auxiliar). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Novos clientes (Ford, Mitsubishi e Citroën). 2. Filial brasileira centro de referência. 3. Engenheiros trabalhando em projetos globais de desenvolvimento. 4. Sistema Tetrafuel. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Filial brasileira centro de referência. 2. Engenheiros trabalhando em projetos globais de desenvolvimento.

8.3.2 Construção do conhecimento - dimensão epistemológica

Com o sistema *flex* desenvolvido e vendido para a montadora, havia a necessidade de avaliar a experiência do produto em uso no campo (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993). Nessa fase, o aprendizado pode ser caracterizado de duas formas: um técnico e outro comercial (mercado). O conhecimento técnico, isto é aquele que envolve a tecnologia desenvolvida, o funcionamento dos componentes e a integração do sistema, ocorreu prioritariamente por meio

da combinação de diversos conhecimentos explícitos. Com as situações vivenciadas pelos consumidores e reportadas pelas montadoras, surgiram inúmeras oportunidades de aprendizado, pois uma série de condições de uso, não previstas na fase de desenvolvimento, pode ser analisada.

Embora os testes conduzidos pela Bosch rivalizem em abrangência com os exigidos pelas montadoras, aplicados nos processos de homologação, a empresa tem, desde 2002, incorporado situações de campo para preparar novos testes em eventos antes não previstos em projeto (BOSCH).

As situações de uso do veículo, não previstas no processo de desenvolvimento, são incorporadas em testes definidos como manobras críticas. [...] Após o lançamento do sistema *flex fuel* da MM, investigações de todos os níveis foram realizadas (MM).

No caso da aplicação desenvolvida para a Fiat, a Delphi vivenciou alguns problemas em campo relacionados a motoristas que colocavam apenas 1 litro de combustível num tanque quase vazio. A lógica do *body computer* (ECU) da Fiat estava programada para atualizar o nível do tanque com re-abastecimentos de mais de 5 litros (DELPHI).

A Delphi se utilizava não só de informações sobre o seu produto, mas também ocorrências com o produto de seus concorrentes para incorporar as lições em seu sistema de desenvolvimento.

Em outras oportunidades, durante essas análises, há o contato com informações sobre problemas registrados em veículos com sistemas de controle de concorrentes. Essas informações também são usadas para se desenvolver e programar melhorias em seus sistemas (DELPHI).

Estes eventos reforçam a combinação como o processo de transformação do conhecimento mais relevante, pois as lições do campo e as experiências internas da equipe do projeto são formalmente registradas para melhoria no sistema de desenvolvimento de produtos.

Para a tecnologia *flex fuel* houve um acompanhamento das reclamações de usuários em determinadas concessionárias, quando se descobriu novos usos do automóvel, como o caso de uma senhora que o usava apenas para ir à missa, a um quilômetro de distância de sua casa, uma vez por semana. [...] As lições deste processo são apreendidas pelo departamento de qualidade e integram uma base de dados da intranet (*lessons learned*) (MM).

Outro momento que envolve a combinação de conhecimentos e quando a equipe do projeto, que congregou diferentes áreas do conhecimento, se reúne para trocar experiências sobre as dificuldades encontradas. Com uma gestão mais formal do projeto desde o seu início, apenas a Bosch documentou as lições aprendidas em uma reunião formal de fechamento.

Ao final, uma reunião de fechamento de projeto foi conduzida, os resultados apresentados e as lições aprendidas registradas em um relatório (BOSCH).

Com menor evidência, surge além da combinação, a externalização como um dos modos de conversão do conhecimento, que se iniciou com a busca por causas e soluções (geram conhecimento tácito) aos problemas reportados, quando as lições desse processo eram registradas (conhecimento explícito) (ANAND; WARD; TATIKONDA, 2010). As ferramentas como a FMEA, que exemplificam esta situação, só apareceram na Bosch.

Peças coletadas no campo com problemas de qualidade foram analisadas pelo pessoal da garantia que investigam a causa raiz dos problemas, que depois é incorporada a FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) (BOSCH).

Já o aprendizado relacionado a aspectos comerciais, surgiu após todo o esforço de desenvolvimento que interessou ao mercado. A partir daí, os sistemistas se dedicaram a uma série de apresentações sobre a tecnologia, sugerindo um papel relevante da socialização nesta fase do projeto.

No início dos anos 2000, a Bosch programou uma série de apresentações para convencer os usineiros (produtores de álcool), governos estaduais e governo federal da viabilidade da ideia (BOSCH).

Ao invés de vender o projeto internamente, a equipe liderada por Damasceno foi a VW convencer o gerente de motores da empresa do potencial do projeto, inclusive com visitas para avaliar o carro modificado. Entre 2001 e 2002, durante as reuniões semanais sobre os projetos em andamento entre MM e VW, discutia-se informalmente a ideia do motor *flex fuel* (MM).

Após o lançamento, algumas reuniões e apresentações para divisões da Delphi nos EUA, China e Japão foram feitas devido ao interesse desses países no uso de combustíveis alternativos (DELPHI).

Destaca-se também neste processo de socialização, toda a movimentação de bastidores para a aprovação de limites de emissões específicas para o motor *flex* e adequação da alíquota de IPI, além das reuniões técnicas para a divulgação do sistema promovidas pelo IPT e SAE.

Os quadros abaixo resumem as referências na transformação do conhecimento, nessa fase de pós-desenvolvimento. Como nas fases anteriores, os números ao final dos trechos selecionados remetem a referências encontradas na literatura e são apresentadas no apêndice 4.

Quadro 21 - Transformações do conhecimento na fase de pós-desenvolvimento na Bosch

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explicito)	Combinação (explícito-explicito)	Internalização (explícito-tácito)
<p>No início dos anos 2000, a Bosch programou uma série de apresentações para convencer os usineiros (produtores de álcool), governos estaduais e governo federal da viabilidade da ideia.⁴</p> <p>Esta última foi convencida a testar um Fit aplicado com a tecnologia <i>flex fuel</i> durante um <i>cocktail</i> num encontro dos fornecedores da montadora japonesa.³</p>	<p>Peças coletadas no campo com problemas de qualidade são analisadas pelo pessoal da garantia que investigam a causa raiz dos problemas, que depois é incorporada a FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>).^{5,8}</p>	<p>Ao final, uma reunião de fechamento de projeto é conduzida, os resultados apresentados e as lições aprendidas registradas em um relatório.¹²</p> <p>Com o término do desenvolvimento, uma equipe que vez parte do projeto permanece ativa por seis meses acompanhando o produto junto à produção e sua aplicação nos clientes.¹²</p> <p>A retomada do álcool como combustível e seu baixo custo promoveram uma onda de conversões no mercado paralelo de carros a gasolina para carro a álcool ou a utilização de uma mistura de ambos os combustíveis que foi apelidada de rabo de galo.¹⁰</p> <p>A Bosch possui um grupo dedicado a investigação do que ocorre em campo. Seu trabalho consiste em analisar não conformidades para que, junto com a montadora, possa oferecer soluções de melhoria para os problemas apresentados.¹²</p> <p>Embora os testes conduzidos pela Bosch rivalizem em abrangência com os exigidos pelas montadoras, aplicados nos processos de homologação, a empresa tem, desde 2002, incorporado situações de campo para preparar novos testes em eventos antes não previstos em projeto.¹²</p>	

Quadro 22 - Transformações do conhecimento na fase de pós-desenvolvimento na Magneti Marelli

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explicito)	Combinação (explícito-explicito)	Internalização (explícito-tácito)
<p>Ao invés de vender o projeto internamente, a equipe liderada por Damasceno foi a VW convencer o gerente de motores da empresa do potencial do projeto, inclusive com visitas para avaliar o carro modificado. Entre 2001 e 2002, durante as reuniões semanais sobre os projetos em andamento entre MM e VW, discutia-se informalmente a ideia do motor <i>flex fuel</i>.³</p>		<p>No processo de escolha do fornecedor, a VW encaminhou a equipe da MM quinze questões relacionadas ao desenvolvimento da empresa, como uma forma de verificar a robustez do projeto com a utilização da solução bicombustível por meio do <i>software</i>. Na opinião da equipe da MM, as respostas dadas as quinze questões foram determinantes, para que em agosto de 2002, o seu produto fosse aceito para compor o projeto de desenvolvimento da VW.¹⁰</p> <p>Em março de 2003, a VW lança seu Gol com o sistema SFS[®] da MM. Após o lançamento, o sistema considerado básico em um carro que não tinha uma expressiva procura, passou por melhorias incrementais simultaneamente com o desenvolvimento com a Fiat, onde o SFS[®] foi lançado em um carro com maior volume de produção.⁹</p> <p>Para a tecnologia <i>flex fuel</i> houve um acompanhamento das reclamações de usuários em determinadas concessionárias, quando se descobriu novos usos do automóvel, como o caso de uma senhora que o usava apenas para ir à missa, a um quilômetro de distância de sua casa, uma vez por semana. [...] As lições deste processo são apreendidas pelo departamento de qualidade e integram uma base de dados da intranet (<i>lessons learned</i>). As situações de</p>	

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explícito)	Combinação (explícito-explícito)	Internalização (explícito-tácito)
		uso do veículo, não previstas no processo de desenvolvimento, são incorporadas em testes definidos como manobras críticas. [...] Após o lançamento do sistema <i>flex fuel</i> da MM, investigações de todos os níveis foram realizadas. ¹²	

Quadro 23 - Transformações do conhecimento na fase de pós-desenvolvimento na Delphi

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explícito)	Combinação (explícito-explícito)	Internalização (explícito-tácito)
Após o lançamento, algumas reuniões e apresentações para divisões da Delphi nos EUA, China e Japão foram feitas devido ao interesse desses países no uso de combustíveis alternativos. ⁴		<p>No caso da aplicação desenvolvida para a Fiat, a Delphi vivenciou alguns problemas em campo relacionados a motoristas que colocavam apenas 1 litro de combustível num tanque quase vazio. A lógica do <i>body computer</i> da Fiat estava programado para atualizar o nível do tanque com re-abastecimentos de mais de 5 litros.¹²</p> <p>Após o desenvolvimento e a entrega do produto ao cliente, a Delphi recebe relatórios e reclamações (formais e informais) sobre problemas que ocorrem em campo. Muitas vezes o problema exige uma investigação mais aprofundada em veículos que foram levados as concessionárias com alguma reclamação. Em outras oportunidades, durante essas análises, há o contato com informações sobre problemas registrados em veículos com sistemas de controle de concorrentes. Essas informações também são usadas para se desenvolver e programar melhorias em seus sistemas.¹²</p>	

Transformação do conhecimento			
Socialização (tácito-tácito)	Externalização (tácito-explícito)	Combinação (explícito-explícito)	Internalização (explícito-tácito)
		Alguns <i>papers</i> foram escritos e apresentados em congressos da SAE e AEA. ¹²	

8.3.3 Construção do conhecimento - dimensão ontológica

O pós-desenvolvimento parece caracterizar, com maior destaque, a formação dos conhecimentos organizacional e interorganizacional. O conhecimento organizacional continuou sendo construído pela combinação, quando conhecimentos externos absorvidos e recombinaados com os conhecimentos já existentes na organização, caracterizam este modo de conversão do conhecimento. Este novo conhecimento explícito é então aplicado em futuros projetos, como ilustrado pelo caso da Delphi:

Após o desenvolvimento e a entrega do produto ao cliente, a Delphi recebe relatórios e reclamações (formais e informais) sobre problemas que ocorrem em campo. Muitas vezes o problema exige uma investigação mais aprofundada em veículos que foram levados as concessionárias com alguma reclamação. Em outras oportunidades, durante essas análises, há o contato com informações sobre problemas registrados em veículos com sistemas de controle de concorrentes. Essas informações também são usadas para se desenvolver e programar melhorias em seus sistemas (DELPHI).

Nessa fase, evidenciou-se o relacionamento das organizações estudadas com seus clientes (montadoras) em dois aspectos: comercial e técnico. A socialização esteve relacionada com assuntos comerciais, isto é quando havia necessidade de apresentar a tecnologia. Em assuntos técnicos, envolvendo o funcionamento do sistema, o conhecimento interorganizacional era formado pela combinação. Duas passagens da Bosch demonstram a ideia:

Esta última foi convencida a testar um Fit aplicado com a tecnologia *flex fuel* durante um *cocktail* num encontro dos fornecedores da montadora japonesa (Socialização – BOSCH).

A Bosch possui um grupo dedicado a investigação do que ocorre em campo. Seu trabalho consiste em analisar não conformidades para que, junto com a montadora, possa oferecer soluções de melhoria para os problemas apresentados (Combinação – BOSCH).

O pós-desenvolvimento canalizou o conhecimento para as lições aprendidas no campo (VON HIPPEL; TYRE, 1995) para o desenvolvimento de melhorias incrementais no produto.

8.4 Síntese

O quadro abaixo resume os principais marcos da trajetória da tecnologia *flex fuel* no país.

Quadro 24 - Resumo da trajetória da tecnologia *flex* entre os sistemistas brasileiros

Ano	Bosch	Magneti Marelli	Delphi
1983	Início da estruturação do P&D		
1986	Criação dos limites de emissão veiculares		
1989	Lançamento da injeção eletrônica em um Gol (VW)		
1990		Aquisição Weber, Solex e ABC Autronica	Desenvolvimento da injeção eletrônica para o Monza da GM
1991		Injeção eletrônica com algoritmo francês para Fiat	
1992	Reunião de <i>kick off</i> na matriz Início projeto <i>flex fuel</i>		
1994	Publicação do <i>paper</i> apresentando o protótipo Ômega <i>flex</i>	Desenvolvimento da injeção eletrônica (tropicalizada) para o Fiat Uno	
1996	Intensiva troca de engenheiros com a matriz Projeto <i>flex</i> é arquivado		Início da construção do CT
1997			Contratação de engenheiros da concorrência
1998	Início do desenvolvimento da bomba de combustível		
1999		Início projeto <i>flex fuel</i> (informal)	Inauguração do CT Início projeto <i>flex fuel</i> (informal)
2000	Seminário IPT		
	Retomada do projeto <i>flex</i>		
2001	Lançamento da bomba de combustível		
2002	Ford apresenta Fiesta <i>Flex</i>		
		Contrato com a VW para o fornecimento do sistema <i>flex</i> Início projeto formal	Solicitação GM para fornecimento do sistema <i>flex</i> Início projeto formal
2003	Setembro Lançamento Polo (VW)	Abril Lançamento Gol (VW)	Junho Lançamento Corsa (GM)

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo retoma os objetivos deste trabalho destacando seus resultados, contribuições e endereça questões relativas às limitações desta pesquisa e sugestões para futuros estudos.

9.1 Resultados da pesquisa

Esta pesquisa se propôs caracterizar e entender a construção do conhecimento organizacional em um projeto de inovação. Para atingir o objetivo, a investigação percorreu as fases do projeto da tecnologia *flex fuel* conduzido por cada um dos três sistemistas pioneiros neste desenvolvimento no Brasil. A análise reuniu as possíveis fontes de conhecimento (internas e externas), além de examinar os fatores que influenciaram seu fluxo. Para esta investigação foi construído um modelo teórico que reuniu conceitos da literatura sobre conhecimento organizacional e DNP. A primeira constatação reside na diferença no modo como o conhecimento foi construído em função da fase do projeto, tanto em sua dimensão epistemológica quanto ontológica.

Na fase de concepção do produto (pré-desenvolvimento) a socialização e a internalização, processos mais voltados ao conhecimento tácito, apareceram com maior relevância. O contato face a face entre os membros do time de projeto para a discussão da viabilidade da ideia, os sinais de mercado percebidos e a necessidade de investigar alternativas tecnológicas constituíram-se nos principais gatilhos para esses modos de conversão do conhecimento.

A principal base para a construção do conhecimento organizacional foi a fase de desenvolvimento. A intensa atividade que ocorreu nessa etapa produziu a maior parte do conhecimento organizacional durante o projeto. Porém, a forma com que ele se manifestou (se explícito, tácito ou ambos) foi dependente da forma como o projeto foi gerenciado.

Em ambientes ou momentos de projeto não formais (como no início da MM e Delphi), a tendência foi de o conhecimento adquirir um formato muito mais tácito, principalmente em decorrência da internalização que se manifestou nos diversos testes realizados para a avaliação dos conceitos e da não exigência da manutenção de registros dessas experiências. Assim, a imagem estereotipada do ambiente de projetos de DNP, com um cientista isolado que com um *insight* genial e de maneira improvisada resolve problemas complexos, poderia

ter efeitos no *time to market* do projeto, mas de modo restrito contribuiria para a construção do conhecimento organizacional.

Já a gestão mais formal do projeto (ilustrada pela Bosch e depois dos contratos de VW e GM com MM e Delphi respectivamente) caracterizada pelo gerenciamento da qualidade, prazos e orçamentos, requer controles, apresentação de resultados e prestação de contas que favoreçam a construção do conhecimento explícito. Embora os registros do desenvolvimento tenham destaque na gestão formal, nessa fase ocorreu a manifestação de todos os modos de conversão do conhecimento do modelo SECI, mediante a construção de uma base de conhecimentos explícitos e tácitos a disposição da organização, sugerindo uma relação entre gestão de projetos e construção do conhecimento organizacional. Conclui-se, por conseguinte que empresas que possuem ferramentas para gerir seus projetos, podem se beneficiar do conhecimento construído durante o seu desenvolvimento, mesmo que as melhores práticas, como as divulgadas pelo *Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*, não tratem especificamente do tema. O conhecimento tácito formado na gestão formal (e também informal) do projeto, na fase de desenvolvimento, ocorreu por meio da socialização das lições de projetos anteriores por meio da interação entre a nova geração de engenheiros e a anterior. Nos estudos de caso conduzidos, isso ficou evidente, pois os profissionais envolvidos no desenvolvimento da injeção eletrônica também estiveram no projeto *flex* em todas as empresas.

Na última fase, o pós-desenvolvimento, a socialização e a combinação foram os modos de conversão mais importantes, evidenciando o caráter tácito do conhecimento sobre o mercado e o conhecimento explícito sobre a tecnologia, como os principais vetores da formação do conhecimento organizacional. A pesquisa também revelou a importância dessa fase para a captura e retenção de conhecimento explícito para projetos futuros. É nesta fase que se observou a atuação do produto em condições reais, quando o conhecimento assimilado passou a integrar a lista de requisitos para os próximos desenvolvimentos, como foi demonstrado com relação aos testes do sistema *flex fuel*.

A figura resume a transformação do conhecimento durante as fases de desenvolvimento do projeto estudado:

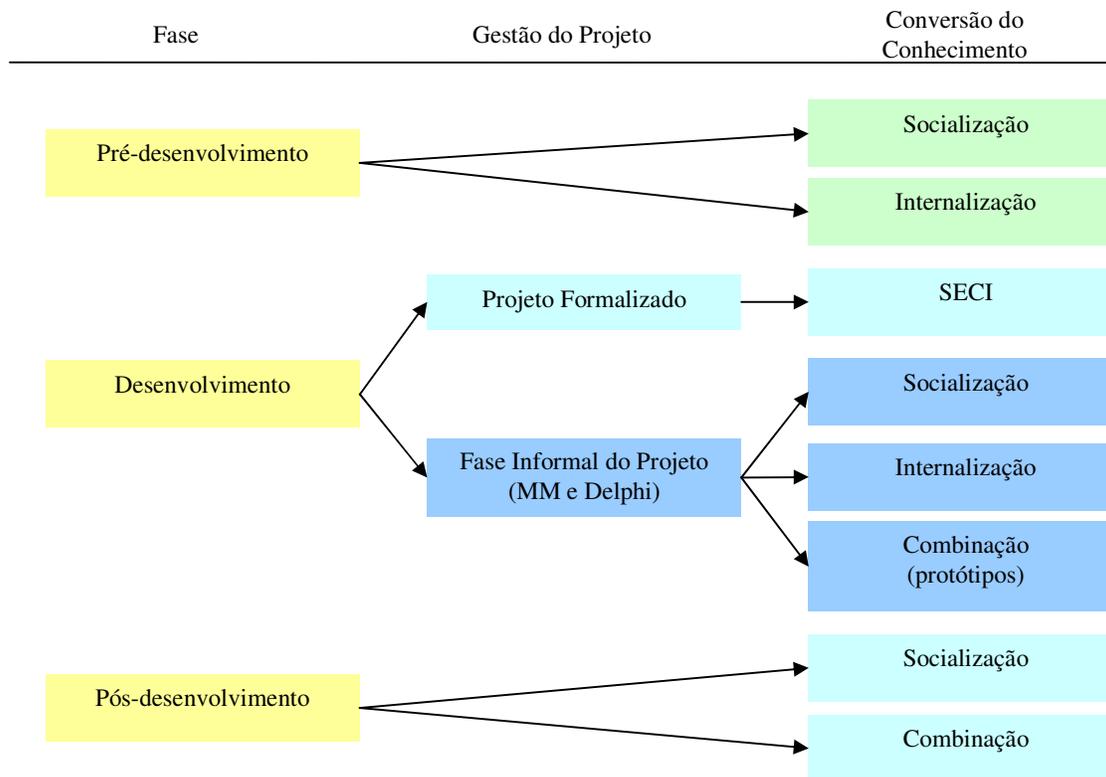


Ilustração 18 - Modos de conversão do conhecimento durante cada uma das fases do projeto

A análise dos resultados obtidos, nos modos de conversão de conhecimento em cada uma das fases de desenvolvimento da tecnologia bicompostível, também foi indicativa para demonstrar a evolução do conhecimento considerando sua dimensão ontológica.

Na fase de pré-desenvolvimento, a internalização contribui para a formação do conhecimento individual que depois é disseminado pelo grupo por meio da socialização. No desenvolvimento, a internalização permaneceu como o modo de conversão do conhecimento individual. O grupo passa a ter destaque nessa fase, alimentado também pela internalização além da socialização e externalização. Este último modo de conversão, ao lado da combinação, gerou também o conhecimento organizacional. Pelas características do setor estudado, onde há a necessidade da aplicação da solução desenvolvida no produto do cliente, o conhecimento interorganizacional começou a ser criado com a interface entre os engenheiros de aplicação.

Por fim, o pós-desenvolvimento foi marcado pelos conhecimentos organizacional, formado por meio da combinação e o interorganizacional, constituído pela socialização (aspectos mercadológicos) e pela combinação (aspectos tecnológicos).

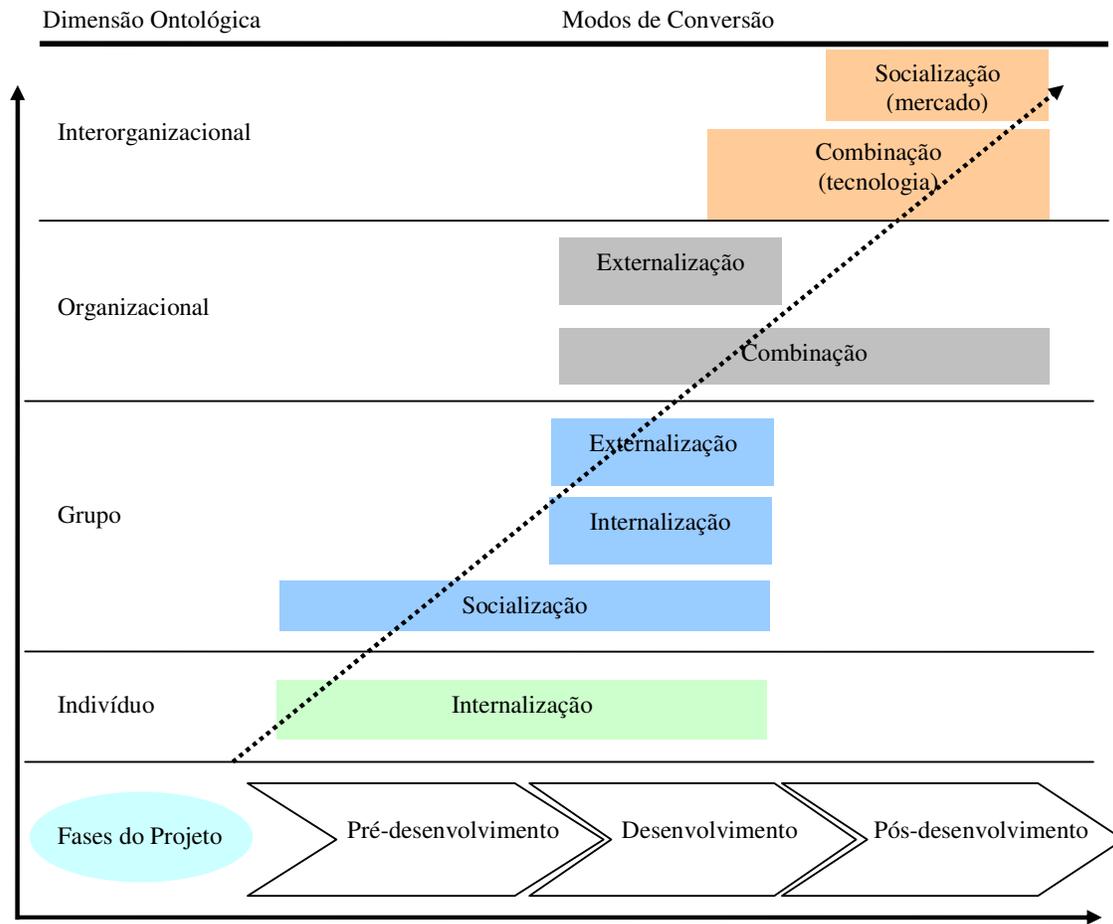


Ilustração 19 - Transformação das dimensões ontológicas do conhecimento durante o processo de DNP

Considerando que os projetos estudados não contaram com a participação do cliente nas fases iniciais do processo, a construção do conhecimento entre as dimensões ontológicas seguiu a ordem do projeto. No pré-desenvolvimento a construção do conhecimento se inicia com o indivíduo. Com o andamento do projeto, o conhecimento individual migra para o grupo e depois é retido pela organização durante a fase de desenvolvimento. Com a inclusão do cliente no processo forma-se o conhecimento interorganizacional e com o produto em funcionamento no campo, a fase de pós-desenvolvimento também fomenta o conhecimento organizacional.

A segunda constatação deste trabalho envolve as fontes de conhecimento. Além das fontes internas, que se baseiam nos projetos conduzidos anteriormente, nota-se a necessidade de importar conhecimento da matriz e montadoras. A estrutura do setor analisado, constituído de empresas de grande porte que atuam em um mercado extremamente competitivo e globalizado, minimizou o papel de possíveis fontes de conhecimento sediadas no Brasil, como universidades e outras instituições.

Este trabalho apresenta o papel relevante desempenhado pelas matrizes na construção do conhecimento organizacional das subsidiárias brasileiras. A combinação do conhecimento da matriz com o conhecimento desenvolvido aqui pela subsidiária constituiu a base para a formação das competências necessárias ao desenvolvimento da tecnologia *flex fuel* e que levou as filiais a se tornarem centros de referência para combustíveis alternativos. O projeto que empregou soluções técnicas diferenciadas do conceito americano (FFV), com a substituição de uma solução baseada em *hardware* (sensor capacitivo) por outra centrada no algoritmo do *software* (de relativo baixo custo), foi dependente de conhecimentos construídos no Brasil (álcool combustível), mas principalmente de tecnologias importadas como a injeção eletrônica. Além disso, em diversos momentos os engenheiros da Bosch, MM e Delphi recorreram a seus pares da Alemanha, Itália e Estados Unidos respectivamente, para a avaliação de soluções dos problemas vivenciados durante o desenvolvimento do projeto.

A influência da matriz se evidencia, na medida em que não se observaram outras fontes importantes de conhecimento como a participação dos fornecedores das empresas pesquisadas, conhecidas como fornecedores de segunda camada (2nd tier). Essas empresas, em sua grande maioria nacionais, não revelam competências desenvolvidas na área de P&D e não contribuíram para a solução *flex fuel*. Do mesmo modo, houve pouca interação entre outras instituições sediadas no país e as empresas pesquisadas. Apenas a Bosch demonstrou disposição em conduzir alguns testes com empresas nacionais, devido principalmente às características do combustível brasileiro. Essa condição também limitou a participação de outras filiais das empresas pesquisadas, uma vez que nenhuma delas havia tido contato com projetos que envolvessem o álcool combustível.

Uma relação que implicou intensa troca de conhecimento foi aquela entre os sistemistas e as montadoras. O fluxo do conhecimento não envolveu a construção do algoritmo, o *core* da tecnologia *flex fuel* comercializado como *black box*, mas auxiliou os sistemistas a integrá-lo

com as demais funções do motor. Trata-se de um conhecimento importante na medida em que cresce a importância dos sistemas eletrônicos embarcados nos veículos. Obviamente essa troca de conhecimentos não é isenta de interesses. A montadora os utiliza como forma de controle de sua rede de fornecedores, ao transmitir o conhecimento de um sistemista para outro, minimiza a influência de uma única fonte de suprimentos, e em benefício próprio, como foi o caso da GM no lançamento do seu Agile equipado com tecnologia bicomustível com o algoritmo da ECU desenvolvido pela GM brasileira em parceria com a matriz americana.

A terceira e última constatação desta pesquisa concentra-se nos facilitadores do fluxo do conhecimento definidos como a infraestrutura, a cultura e a tecnologia. A pesquisa confirmou a existência e o papel de tais elementos no fluxo do conhecimento em todas as fases do projeto. O nível de complexidade do desenvolvimento pesquisado e de competição no mercado onde estas empresas estão inseridas não permite deficiências na infraestrutura e tecnologia à disposição dos engenheiros. Embora constituídos em momentos e de maneira diferentes todas as empresas apresentaram níveis satisfatórios desses elementos. As diferenças mais relevantes, entre as empresas estudadas, foram detectadas na cultura. Todas apresentam, em alguma medida, evidências de uma cultura voltada à inovação, a Bosch, porém parece sobressair um pouco mais que as outras nessa questão. O número de patentes, uma considerável verba alocada a projetos plataforma e a preocupação da empresa com a formação de pessoas são indicativos desta afirmação.

A pesquisa não teve a intenção de aprofundar questões culturais, mas foi interessante observar o contraste entre as empresas sob o ponto de vista do mercado (concorrentes e montadoras). A Bosch é vista como burocrática e aparentemente inflexível em suas convicções, como foi o caso do sistema *flex fuel* com sensor capacitivo. Do mesmo modo é a empresa com estrutura organizacional mais complexa, o que imprime grande formalidade a sua gestão de projetos, sugerindo que, atualmente, projetos como o *flex* teriam prazos de desenvolvimento superiores aos vivenciados no passado. A anedota que circula no mercado dá o tom da atmosfera da empresa: diz-se que quando um funcionário na Bosch vai fragmentar documentos, antes de fazê-lo, os coloca em ordem alfabética. Já a MM é vista pelo setor como a mais agressiva comercialmente, mas atribuem à empresa o fato de não se preocupar em oferecer a solução técnica mais robusta e facilmente alterar seus procedimentos para atender a solicitações de clientes. Assim, o clima parece promissor para o fomento do conhecimento tácito, afirmação

que pode ser sugerida a partir da constatação que a gestão de projetos na companhia ainda esteja em formação. E por fim, a Delphi projeta a imagem de uma cultura de centralização. Essa evidência pode ter dificultado o processo de desenvolvimento que passou não só pela superação dos problemas técnicos, mas também pela necessidade de convencer a matriz de que o produto poderia ser desenvolvido no Brasil. Embora vivenciando culturas distintas, as filiais brasileiras receberam sem restrições apoio de suas matrizes quando os projetos foram aprovados.

É, pois, sugestiva a presença dos facilitadores do fluxo do conhecimento durante as fases do desenvolvimento de produtos, porém um quarto elemento surgiu também como um facilitador: as pessoas. Possuir mão de obra qualificada foi determinante para o fluxo do conhecimento. A sua ausência é indicativo de dificuldades em processos de desenvolvimento, pois como se verificou o conhecimento tácito é repassado entre as gerações de engenheiros durante os projetos de DNP.

A partir das constatações, é possível construir um quadro sintético dos principais resultados encontrados com os objetivos definidos.

Quadro 25 – Resumo dos objetivos e resultados da pesquisa

Objetivos	Resultados da Pesquisa
Geral	
Caracterizar e entender a construção do conhecimento organizacional a partir dos desafios que surgem em uma das mais complexas atividades empresariais – o DNP – no contexto brasileiro dos fornecedores de sistemas para a indústria automobilística (sistemistas), historicamente voltado à adaptação de tecnologias e não ao desenvolvimento.	No pré-desenvolvimento, a organização se utiliza mais do conhecimento tácito e individual dos seus empregados (ex.: desenvolvimentos anteriores, interpretação dos sinais de mercado) para construir o conceito de um novo produto. Na etapa seguinte, fase de desenvolvimento, um projeto conduzido de modo formal (com aprovação e recursos destinados ao projeto) emprega o conhecimento tácito, por meio da interação entre diferentes gerações de engenheiros e principalmente, o conhecimento explícito, com o registro das lições do desenvolvimento em relatórios, arquivos e banco de dados, promovendo a construção do conhecimento individual, do grupo e organizacional. Nessa etapa se inicia também, a construção do conhecimento interorganizacional, com a aplicação do sistema <i>flex</i> nos veículos das montadoras. Já um projeto informal, se concentra na construção do conhecimento tácito, que por ter características de conhecimento individual, pode se perder com a saída dos funcionários. Na última fase do projeto, o pós-desenvolvimento, a organização aprende por meio da interação comercial com outras

	organizações (conhecimento tácito) e pelo aprendizado de campo, com as informações reportadas sobre o desempenho do seu produto em condições reais de utilização (conhecimento explícito). Nessa fase se conclui a formação do conhecimento interorganizacional.
Específicos	
Identificar padrões na construção do conhecimento em cada uma das fases do processo de DNP, a partir da interação dinâmica entre o conhecimento tácito e o explícito.	<p>Pré-desenvolvimento: conhecimento tácito (internalização e socialização).</p> <p>Desenvolvimento (formal): conhecimento tácito e explícito (modelo SECI).</p> <p>Desenvolvimento (informal): conhecimento tácito (internalização e socialização).</p> <p>Pós-desenvolvimento: conhecimento tácito (socialização – mercado) e conhecimento explícito (combinação – tecnologia).</p>
Entender a evolução do conhecimento em sua dimensão ontológica – partindo do conhecimento presente no indivíduo até a formação do conhecimento interorganizacional durante o DNP.	<p>Pré-desenvolvimento: conhecimento individual e do grupo.</p> <p>Desenvolvimento (formal): conhecimento individual, do grupo, organizacional e interorganizacional.</p> <p>Desenvolvimento (informal): conhecimento individual e do grupo.</p> <p>Pós-desenvolvimento: conhecimento organizacional e interorganizacional.</p>
Analisar o papel de agentes externos como fornecedores, clientes, matriz, outras subsidiárias, parceiros e autoridades locais, na construção do conhecimento durante o processo de inovação	<p>Matriz: importante participação com relação a aspectos técnicos, principalmente com relação ao <i>software</i> da ECU.</p> <p>Clientes: importante participação, pois ajuda a organização a compreender a integração do sistema <i>flex</i> com os componentes do motor.</p> <p>Fornecedores: não se registraram participações.</p> <p>Outras subsidiárias: não se registraram participações</p> <p>Parceiros locais: pequeno envolvimento, em geral relacionado com o conhecimento sobre o etanol e não diretamente com a solução <i>flex fuel</i>.</p> <p>Autoridades locais: formulam determinações legais que motivam o desenvolvimento de soluções técnicas para a redução de emissão de poluentes e viabilizam comercialmente alguns projetos (ex.: pela redução de IPI).</p>
Verificar a existência de elementos facilitadores do fluxo do conhecimento.	Em todas as fases do projeto verificou-se a existência de quatro elementos que facilitaram o fluxo do conhecimento (incentivaram a inovação; viabilizaram os testes, consultas e registros; facilitaram a interação dos engenheiros; colaboraram com a formação da equipe e conseqüentemente com a disseminação do conhecimento técnico): infraestrutura, tecnologia, cultura e o conjunto de pessoas (mão de obra).

O modelo que ajudou a investigação pode ser agora revisitado, com base nos resultados apresentados por esta pesquisa para um projeto formal.

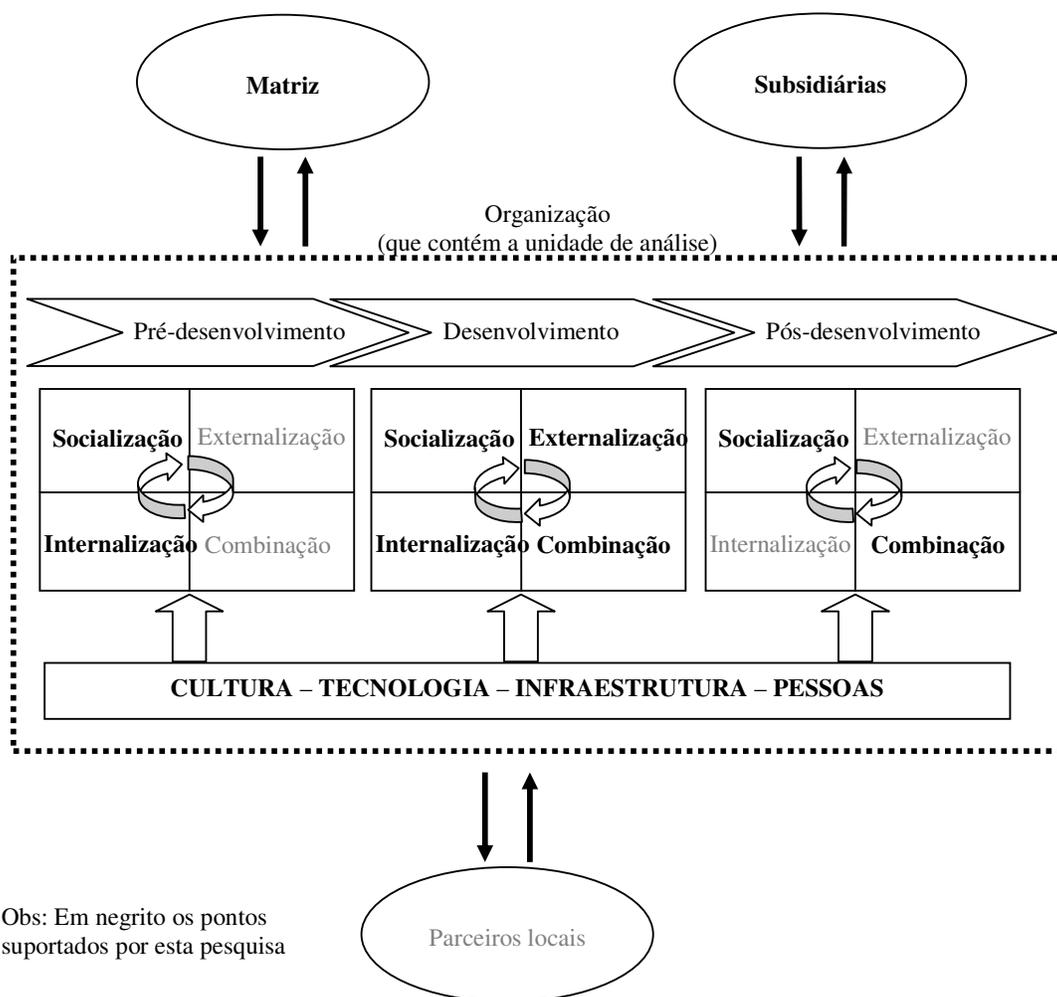


Ilustração 20 - Modelo teórico

9.2 Contribuições da pesquisa

A investigação central desta pesquisa baseou-se na teoria da construção do conhecimento de Nonaka e Takeuchi (2008) que vem sendo empregada em diversos trabalhos ligados à inovação e DNP. Nesse sentido, observadas as limitações descritas na última seção deste capítulo, esta dissertação efetuou contribuições baseadas na metodologia empregada na condução da pesquisa e pelas implicações teóricas e gerenciais decorrentes dos resultados verificados.

O método de investigação empregado por este trabalho contribuiu para os estudos ligados ao conhecimento organizacional em projetos de DNP. A abordagem qualitativa permitiu investigar com mais profundidade o tema, identificando a influência de cada etapa e no modo como projeto era conduzido para o processo de aprendizagem, além da influência de agentes externos à organização nesse processo. Anteriormente, apenas estudos quantitativos (SCHULZE; HOEGL, 2006, 2008) analisaram as transformações do conhecimento em diferentes fases do DNP, relacionando o impacto de cada modo de transformação do conhecimento descrito no modelo SECI com o sucesso do projeto. Soma-se a essa contribuição, o fato de a investigação ter sido realizada em um contexto cultural diverso daqueles anteriormente pesquisados no setor automobilístico. Poucos estudos no Brasil se dedicam a essa temática (SILVA, 2002; SILVA; ROZENFELD, 2007) que, predominantemente, têm como foco mercados em regiões desenvolvidas (Japão, Europa e EUA), reconhecidas por sua capacidade de exportar tecnologia. Analisar o contexto de inovação e construção de conhecimento organizacional em uma economia emergente, tradicionalmente centro de adaptação de tecnologias, oferece oportunidades para a análise comparativa com centros de pesquisa já consolidados.

Entre as implicações teóricas oferecidas por este trabalho foi demonstrado que o conhecimento é construído de modo distinto durante cada uma das etapas do projeto de novos produtos. Nesse sentido, corrobora com o trabalho de Schulze e Hoegl (2008) que identificaram na fase de pré-desenvolvimento, a relação positiva que a socialização e a internalização têm com o sucesso do projeto. Esta dissertação, porém sugere diferenças em relação às conclusões de Schulze e Hoegl (2006), que apontam para a fase de desenvolvimento, a externalização e a combinação como fatores positivamente relacionados com o sucesso do produto. Aqui são apresentadas evidências que permitem sugerir a presença de todos os modos de conversão nessa fase, quando a organização emprega a interação entre o conhecimento tácito, presente em seus engenheiros, com o conhecimento explícito, presente em seus protótipos, arquivos e banco de dados, para atingir os objetivos do projeto, convergindo, desse modo, para os resultados de Aoshima (2002).

No ambiente do projeto estudado, este trabalho reúne dados que confirmam alguns resultados destacados por Sabherwal e Becerra-Fernandez (2003) indicativos da internalização como o modo de conversão que mais afeta o aprendizado individual, a socialização o conhecimento do grupo e a combinação no nível organizacional. Esta dissertação, diferentemente de

Sabherwal e Becerra-Fernandez (2003), não encontrou evidências para a influência da externalização no conhecimento individual, mas contribui ao analisar o conhecimento interorganizacional, que é influenciado pela socialização e pela combinação. A análise dos resultados também confirma uma das principais conclusões de Silva e Rozenfeld (2003, 2007) ao sugerir a socialização, por estar presente em todas as fases do projeto *flex fuel*, como um dos mais importantes modos de conversão do conhecimento no processo de DNP.

Esta pesquisa também inova ao investigar a importância do pós-desenvolvimento na construção do conhecimento organizacional (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993), fase não abordada em trabalhos sobre este tema, como Schulze e Hoegl (2006). As experiências de campos se traduzem em conhecimento na medida em que fizeram emergir questões que não puderam ser antecipadas durante a fase de desenvolvimento (VON HIPPEL; TYRE, 1995) e ajudam a melhorar o processo de DNP, principalmente com a criação de novos testes de validação baseados nessas experiências. A contribuição também reside na diferenciação apresentada na formação do conhecimento organizacional sobre o mercado (comercial) e o conhecimento técnico (funcionamento do sistema *flex*), que necessitam de modos de aprendizagem distintos. Enquanto o primeiro é influenciado pela socialização, o segundo o é pela combinação.

Os resultados aqui apresentados podem também ser de interesse gerencial, pois reúnem uma série de informações úteis para a gestão do conhecimento em ambiente de projetos. Destacam-se a necessidade de prover de modo integrado a infraestrutura e tecnologia para suportar o fluxo de conhecimento, a criação de uma cultura voltada à inovação e a formação e manutenção de mão de obra qualificada para atender aos desafios impostos pelos requisitos de projeto. Nas fases de pré-desenvolvimento e desenvolvimento deveriam ser criados mecanismos que facilitassem o contato pessoal para fomentar, assim, a socialização. Já no pós-desenvolvimento deveriam ser incentivados métodos eficazes de coleta de informações e de contato com o mercado, para melhorar a integração entre o conhecimento externo (do campo) e interno (da organização).

O desempenho positivo do produto no mercado (tanto em termos técnicos como financeiros) é o maior desafio gerencial no desenvolvimento de uma inovação. Apenas com o propósito de ilustrar a importância dos resultados desta pesquisa para o projeto de DNP, o quadro abaixo

relaciona alguns fatores destacados na literatura para o sucesso desta atividade, com os modos de conversão do conhecimento apresentados por esta pesquisa.

Quadro 26 - Fatores de sucesso do DNP e modos de conversão

Fatores de sucesso Relatados pela literatura	Modos de conversão Reportados nesta pesquisa
Processos de trabalho em grupo – comunicação interna e externa (BROWN; EISENHARDT, 1995). Organização (ERNST, 2002). Pessoas – Comunicação (HART, 1995).	A importância da socialização no processo de DNP.
A possibilidade de os empregados utilizarem parte do seu horário de trabalho para projetos particulares (ERNST, 2002).	O papel da internalização na fase de pré-projeto.
[...] mecanismos internos para o acesso a [...] ideias criativas (ERNST, 2002).	A externalização auxiliando a construção do conhecimento organizacional.
[...] processo (fases do desenvolvimento envolvendo os domínios de marketing, gestão, <i>design</i> e engenharia) (HART, 1995).	A combinação de conhecimentos explícitos influencia a construção do conhecimento organizacional no DNP na fase de desenvolvimento.

9.3 Limitações e sugestão de estudos futuros

Os resultados aqui apresentados devem ser entendidos com base nas limitações da pesquisa. As principais dizem respeito ao tipo de inovação estudado, o ambiente escolhido para a pesquisa (foco na indústria automobilística) e as limitações impostas pela própria metodologia de pesquisa.

A primeira grande limitação é o tipo de inovação estudado. A tecnologia *flex fuel* se aproxima da definição de Garcia e Calantone (2001) para inovação incremental ou a inovação modular, proposta por Henderson e Clark (1990). Desse modo, os resultados não podem ser generalizados para outros tipos de inovação. Toma-se como exemplo, projetos classificados como radicais, que poderiam requerer uma base nova de conhecimentos, exigindo novas formas de aprendizagem (DARROCH; McNAUGHTON, 2002; STEFANOVITZ, 2006).

Outra importante limitação é a do cenário escolhido para a pesquisa. As generalizações ficam restritas pelo foco particular dado à indústria automobilística. Cada indústria possui sua dinâmica (FINE, 1999) e o setor automobilístico tem questões únicas ligadas à gestão e controle sobre seus fornecedores, porte das empresas envolvidas e nível de internacionalização. Pela influência das montadoras na construção do conhecimento das empresas pesquisadas, esta observação deve ser considerada, visto que, em outros setores as

relações verificadas nesta pesquisa podem não ser relevantes. Os facilitadores do fluxo do conhecimento puderam ser facilmente percebidos pelo porte das empresas estudadas. Em contextos com recursos limitados, verificar o papel principalmente da infraestrutura e tecnologia poderiam ser mais interessantes. O setor pesquisado é também reconhecidamente um dos mais globalizados e tem ditado tendências organizacionais em todo o mundo. As interfaces observadas que ajudaram na construção do conhecimento também poderão ser bem diferentes em setores e/ou negócios mais regionalizados.

As limitações desta pesquisa com relação à metodologia empregada emergem de três fontes principais. A primeira diz respeito à definição pela unidade de análise centrada em projetos no âmbito dos sistematistas. Esta escolha distorce a análise do aprendizado organizacional, principalmente com relação ao papel dos fornecedores nesse processo. Uma investigação pela ótica das montadoras, por exemplo, revelaria um papel muito mais intenso dos fornecedores do que os encontrados neste trabalho. A segunda se refere à interpretação dos dados, uma vez que, mesmo com o desenvolvimento de um roteiro para essa atividade, o processo está sujeito ao viés do pesquisador pela própria natureza da pesquisa qualitativa. A terceira limitação está relacionada ao acesso aos dados e à memória dos entrevistados. O processo de desenvolvimento teve início em 1992 (na Bosch) e os projetos mais recentes têm mais de 10 anos. É uma tarefa complexa reunir com exatidão os fatos vivenciados pelos executivos entrevistados. O número de entrevistados e o tempo de contato também foram restritos. O mercado automobilístico atualmente está muito aquecido e a demanda dos envolvidos com P&D tem limitado a agenda desses profissionais.

Pesquisas futuras, conduzidas em outros setores industriais, poderiam identificar a validade dos resultados encontrados. Outros trabalhos poderiam relacionar a construção do conhecimento com o retorno financeiro e/ou a qualidade do produto. As relações da cadeia de suprimento em favor da construção do conhecimento merecem estudos mais detalhados. A inovação em parceria com outras empresas poderia inverter a ordem da construção do conhecimento em suas dimensões ontológicas, com destaque, talvez, para o conhecimento interorganizacional que começaria a ser formado logo nas fases iniciais do projeto. A influência dos diferentes estilos de liderança no sucesso de projetos forma um corpo de estudos muito popular na área de gestão de projetos. Algumas pesquisas poderiam relacionar a liderança e a construção do conhecimento nesse contexto.

Por fim, vivencia-se atualmente um importante movimento da indústria nacional em direção à internacionalização. Algumas companhias brasileiras estão abrindo subsidiárias em países desenvolvidos. Uma linha interessante de pesquisa poderia estudar o fluxo do conhecimento no sentido contrário do que se estuda até então, isto é, o conhecimento migrando do Brasil para uma subsidiária no exterior. A pesquisa se tornaria mais interessante, se esse país fosse, tradicionalmente, exportador de tecnologia.

De qualquer maneira, o tema inovação e conhecimento é muito importante para a competitividade do país. A academia deveria estar mais envolvida e integrada com o mercado e mais trabalhos, de cunho teórico e empírico, deveriam explorar a sinergia entre os dois conceitos. Alguns encontros empresariais têm sido promovidos para despertar as companhias nacionais para o tema. Com a intensificação da competição mundial, chegou o momento de analisar essas questões com mais profundidade.

REFERÊNCIAS

ABERNATHY, W.J.; CLARK, K.B. Innovation: mapping the winds of creative destruction. **Research Policy**, v. 14, p. 3-22, 1985.

ADDIS, C. Cooperação e desenvolvimento no setor de autopeças. *In*: ARBIX, Glauco; ZILBOVICIUS, Mauro (org). **De JK a FHC: a reinvenção dos carros**. São Paulo, Scritta, 1997.

ALMEIDA, P.; PHENE, A. Subsidiaries and knowledge creation: influence of the MNC and host country on innovation. **Strategic Management Journal**, v. 25, p. 847-864, 2004.

ALVES FILHO, A.G. *et al.* Pressupostos da gestão da cadeia de suprimentos: evidências de estudos sobre a indústria automobilística. **Gestão & Produção**, v. 11, n. 3, p. 275-288, 2004.

ALVES-MAZZOTI, A.J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

AMARAL, D.C. **Arquitetura para gerenciamento de conhecimentos explícitos sobre o processo de desenvolvimento de produto**. São Carlos, 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos.

AMEY, R.G. Automotive component innovation: development and diffusion of engine management technologies. **Technovation**, v. 15, n. 4, p. 211-223, 1995.

ANAND, G.; WARD, P.T.; TATIKONDA, M.V. Role of explicit and tacit knowledge in Six Sigma projects: an empirical examination of differential project success. **Journal of Operations Management**, v. 28, p. 303-315, 2010.

ANDERSON, P.; TUSHMAN, M.L. Technological Discontinuities and Dominant Designs: a cyclical model of technological change. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, n.4, p.604-633, 1990.

ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. 2010. Disponível em: < www.anfavea.com.br >. Acesso: 12/02/2010.

AOSHIMA, Y. Transfer of system knowledge across generations in new product development: empirical observations from Japanese automobile development. **Industrial Relations**, v. 41, n. 4, p. 605-628, 2002.

ARGYRIS, C.; SCHÖN, D.A. **Organizational learning**. Reading: Addison-Wesley, 1978.

ARMBRECHT, F.M.R. *et al.* Knowledge management in research and development. **Research-Technology Management**, v. 44, n. 4, 2001.

BACCARIN, J.G. **A constituição da nova regulamentação sucroalcooleira**. Centro de Estudos Avançados Multidisciplinares, Núcleo de Estudos Agrários, v. 5, n. 22. São Paulo: Editora UNESP, 2005.

BECKER, M.C.; ZIRPOLI, F. Organizing new product development: knowledge hollowing-out and knowledge integration – the Fiat Auto case. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 23, n.9, p.1033-1061, 2003.

BORTOLOZZO, G.; ALARCÓN, O. E. Q.; NETO, M. A.T. Miscibilidade de Álcool Etílico, Gasolina e Água. *In*: Simpósio de Engenharia Automotiva, 7., 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Simpósio de Engenharia Automotiva, 1993.

CANGELOSI, V.E.; DILL, W.R. Organizational learning: observations toward a theory. **Administrative Science Quarterly**, p. 175-203, 1965.

CAPUTO, M.; ZIRPOLI, F. Supplier involvement in automotive component design: outsourcing strategies and supply chain management. **International Journal of Technology Management**, v. 23, n.1/2/3, p.129–154, 2002.

CARVALHO, E.G. Inovação tecnológica na indústria automobilística: características e evolução recente. **Economia e Sociedade**, v. 17, n. 3, p. 429-461, 2008.

CASTRO, A.C.; KOSTER, C.H.; FRANIECK, E.K. Flexible Ethanol Otto Engine Management System *In*: Congresso e Exposição Internacionais de Tecnologia da Mobilidade, 3. 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SAE Brasil, 1994.

CASTRO, C.M. **A prática da pesquisa**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977.

CERRA, A.L.; MAIA, J.L.; ALVES FILHO, A.G. Projetos locais de desenvolvimento no contexto das cadeias de suprimentos de montadoras de motores veteranas e entrantes. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 14, n. 3, dez. 2007.

CHANARON, J.J. Automobiles: a static technology, a ‘wait-and-see’ industry? **International Journal of Technology Management**, vol.17, no.7, pp.595-634, 1998

CLARK, K.B. Project Scope and Project Performance: the effect of parts strategy and supplier involvement on product development. **Management Science**, v.35, n.10, p.1247-1263, 1989.

CLARK, K.B.; FUJIMOTO, T. **Product Development Performance**: strategy, organizations and management in the auto industry. Boston: Harvard Business School Press, 1991

CLARK, K.B.; WHEELRIGHT, S. **Managing New Product and Process Development**. Free Press, 1993.

COHEN, W.M.; LEVINTHAL, D.A. Absorptive Capacity: a new perspective on learning and innovation. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, n.1, 1990.

COLLANTES, G. **Biofuels and the Corporate Average Fuel Economy Program: The Statute, Policy Issues, and Alternatives**. Discussion Paper 2008-05, Cambridge, Mass.: Belfer Center for Science and International Affairs, 2008.

COMIN, A. **De volta para o futuro: política e reestruturação industrial do complexo automobilístico nos anos 90**. São Paulo: Amablume: FAPESP, 1998.

COOPER, R. Stage-gate systems: a new tool for managing new products. **Business Horizons**, maio/junho, 1990.

COOPER, R., KLEINSCHMIDT, E. An investigation into the new product process: steps, deficiencies, and impact. **Journal of Product Innovation Management**, v.3, p. 71-85, 1986.

CROSSAN, M.M.; LANE, H.W.; WHITE, R.E. An organizational learning framework: from intuition to institution. **Academy of Management Review**, v. 24, n. 3, p. 522-537, 1999.

CROSSAN, M.M.; GUATTO, T. Organizational learning research profile. **Journal of Organizational Change Management**, v. 9, n. 1, p. 107-112, 1996

CUNHA, G.D.C. A evolução dos modos de gestão do desenvolvimento de produtos. **Produto & Produção**, v. 9, n. 2, p. 71-90, jun., 2008.

CYERT, R.M.; MARCH, J.G. **The behavioral theory of the firm**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1963.

DAFT, R.L.; WEICK, K.E. Toward a model of organizations as interpretation systems. **The Academy of Management Review**, v. 9, n. 2, p. 284-295, 1984.

DAHAB, S.S.; MÜLLER, H. Difusão de novos produtos: o caso do carro a álcool no Brasil. *In: XIV Encontro Nacional de Economia*. Brasília: ANPEC, p. 533-559, 1986.

DARROCH, J.; McNAUGHTON, R. Examining the link between knowledge management practices and types of innovation. **Journal of Intellectual Capital**, v. 3, n. 3, p. 210-222, 2002.

DAVENPORT, T.H.; PRUSAK, L. **Conhecimento empresarial: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

DENKER, A.F.M.; VIÁ, S.C. **Pesquisa empírica em ciências humanas**: com ênfase em comunicação. 2. ed. São Paulo: Futura, 2001.

DIAS, A.V.C; SALERNO, M.S. Descentralização das atividades de pesquisa, desenvolvimento e engenharia de empresas transacionais: uma investigação a partir da perspectiva das subsidiárias automotivas. **Gest. Prod.**, v. 16, n. 2, p. 187-199, 2009.

DUNHAM, F.B. A estruturação do sistema de inovação em álcool combustível como base para o Proálcool. *In: V workshop internacional Brasil-Japão em bicomcombustível, meio ambiente e novos produtos da biomassa*. UNICAMP. Campinas: 2007.

DUNNING, J.H. Multinational enterprises and the globalization of innovatory capacity. **Research Policy**, v. 23, p. 67-68, 1994.

DYCK, B.; STARKE, F.A.; MISCHKE, G.A.; MAUWS, M. Learning to build a car: an empirical investigation of organizational learning. **Journal of Management Studies**, v. 42, n. 2, 2005.

EASTERBY-SMITH, M. Disciplines of organizational learning: contributions and critiques. **Human Relations**, v.50, n.9, p.1085-1113, 1997.

EASTERBY-SMITH, M.; CROSSAN, M.; NICOLINI, D. Organizational learning: debates past, present and future. **Journal of Management Studies**, v.37, n.6, 2000.

EISENHARDT, K.M. Building Theories from Case Study Research. **Academy of Management Review**, v.14, n.4, p.532-550, 1989.

ERNST, H. Success factors of new product development: a review of the empirical literature. **International Journal of Management Reviews**, v. 4, n. 1, p. 1-40, 2002.

FERRARI, F.M; TODELO, J.C. Analyzing the knowledge management through the product development process. **Journal of Knowledge Management**, v. 8, n. 1, p. 117-129, 2004.

FIGUEIREDO, P.N. **Aprendizagem tecnológica e performance competitiva**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2003.

FIGUEIREDO, S.F. **O carro a álcool: uma experiência de política pública para a inovação no Brasil**, 2006. Dissertação (Mestrado em Políticas de Ciência e Tecnologia). Universidade de Brasília: Distrito Federal.

FINE, C.H. **Mercados em evolução contínua**: conquistando vantagem competitiva num mundo em constante mutação. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

FINE, C.H.; WHITNEY, D. Is the Make or Buy Decision a Core Competence? **IMVP/MIT**. Working Paper, 1996.

FIOL, C.M; LYLES, M.A. Organizational learning. **Academy of Management Review**, v. 10, n. 4, p. 803-813, 1985.

FLEURY; M.T.L; OLIVEIRA JR, M.M. **Gestão estratégica do conhecimento**: integrando aprendizagem, conhecimento e competências. São Paulo: Atlas, 2001.

GARCIA, R.; CALANTONE, R. A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review. **Journal of Product Innovation Management**, v. 19, p. 110-132, 2002.

GARVIN, D. Building a learning organization. **Harvard Business Review**, n. 71, p. 78-91, 1993.

GATTI JR., W. Aprendizagem organizacional: o caso Bosch no desenvolvimento da tecnologia bicomustível. *In*: Simpósio de Engenharia de Produção, 16., 2009, Bauru. **Anais...** Bauru: SIMPEP, 2009.

GIBBS, G. **Análise de dados qualitativos**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GODOY, A.S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 2, p.57-63, mar./abr.1995a

GODOY, A.S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 3, p.20-29, mai./jun.1995b.

GOURLAY, S. Conceptualizing knowledge creation: a critique of Nonaka's theory. **Journal of Management Studies**, v. 43, n. 7, 2006.

GRANT, R.M. Toward a knowledge-based theory of the firm. **Strategic Management Journal**, v.17, winter special issue, p. 109-122, 1996.

HANFIELD, R.B.; MELNYK, S.A. The scientific theory-building process: a primer using the case of TQM. **Journal of Operations Management**, v. 16, p. 321-339, 1998.

HARGADON, A.; FANELLI, A. Action and possibility: reconciling dual perspectives of knowledge in organizations. **Organization Science**, v. 13, n. 3, p. 290-302, 2002.

HARGADON, A.; SUTTON, R.I. Technology brokering and innovation in product development firm. **Administrative Science Quarterly**, v. 42, n. 4, p. 716-749, 1997.

HART, S. Where we've been and where we're going in new product development research. *In: BRUCE, M.; BIEMANS, W. **Product development: meeting the challenge of the design-marketing interface.** New York: John Wiley & Sons, 1995.*

HEDLUND, G. A model of knowledge management and the N-form corporation. **Strategic Management Journal**, v. 15, p. 73-90, 1994.

HENDERSON, R.M.; CLARK, K.B. Architectural innovation: the reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, p. 9-30, 1990.

HIRA, A.; OLIVEIRA, L.G. No substitute for oil? How Brazil developed its ethanol industry. **Energy Policy**, v. 37, p. 2450-2456, 2009.

HOEGL, M.; SCHULZE, A. How to support knowledge creation in new product development: an investigation of knowledge management methods. **European Management Journal**, v. 23, n. 3, p. 263-273, 2005.

HOLTBRÜGGE, D.; BERG, N. Knowledge transfer in multinational corporations: evidence from German firms. **Management International Review**, v. 44, n. 3, p. 129-145, 2004.

HUBER, G.P. Organizational learning: the contributing processes and the literatures. **Organization Science**, v. 2, n. 1, 1991.

IANSTITI, M. Technology integration: managing technological evolution in a complex environment. **Research Policy**, v. 24, p. 521-542, 1995.

KOGUT, B.; ZANDER, U. Knowledge of the firm combinative capabilities and replication of technology. **Organization Science**, v.3 , n. 3, 1992.

KOTLER, P. **Administração de marketing: a edição do novo milênio** 10. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

KRISHNAN, V.; ULRICH, K.T. Product development decisions: a re view of the literature. **Management Science**, v. 47, n. 1, p. 1-21, 2001.

LEITE, R.C.C.; LEAL, M.R.L.V. O bicomustível no Brasil. **Novos Estudos**, n. 78, 2007.

LEONARD, D.; SENSIPER, S. The role of tacit knowledge in group innovation. **California Management Review**, v. 40, n. 3, p.112-132, 1998.

LEONARD-BARTON, D. **Nascentes do saber: criando e sustentando as fontes de inovação.** Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1998.

LEVITT, B.; MARCH, J.G. Organizational learning. **Annual Review of Sociology**, v. 14, p. 319-340, 1988.

LIDERMAN, K. *et al.* Integrating quality management practices with knowledge creation process. **Journal of Operations Management**, v. 22, p. 589-607, 2004.

LUNG, Y.; VOLPATO, G. Editorial: Redesigning the automakers–suppliers relationship in the automotive industry. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v. 2, n. 1, p. 3 – 9, 2002.

LYLES, M.A. Aprendizagem organizacional e transferência de conhecimento em *joint ventures* internacionais. In: FLEURY; M.T.L; OLIVEIRA JR, M.M. **Gestão estratégica do conhecimento: integrando aprendizagem, conhecimento e competências**. São Paulo: Atlas, 2001.

LYNN, G.S.; AKGÜN, A.E. A new product development learning model: antecedents and consequences of declarative and procedural knowledge. **Int. J. Technology Management**, v. 20, n. 5/6/7/8, p. 490-510, 2000.

MARCH, J.G. Exploration and exploitation in organizational learning. **Organization Science**, v. 2, n. 1, p. 71-87, 1991.

MARCH, J.G.; SIMON, H.A. **Teoria das organizações**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1967.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MELLO, A.M.; MARX, R. Innovative Capacity Maintenance by Automakers in a Product Development Outsourcing Scenario The case of VW in Brazil. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v. 7, p. 200-215, 2007.

McCUTCHEON, D.M.; MEREDITH, J.R. Conducting case study research in operations management. **Journal of Operations Management**, v. 11, p. 239-256, 1993.

MIGUEL, P.A.C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Prod.**, v. 17, n.1, p. 216-229, 2007.

MILLES, M.B.; HUBERMAN, A.M. **Qualitative data analysis: an expanded sourcebook**. 2. ed. London: Sage, 1994.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA DO BRASIL (MME). 2010. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso: 26/04/2010.

NAKANO, D.N.; FLEURY, A.C.C. Conhecimento organizacional: uma revisão conceitual de modelos e quadro de referência. **Produto & Produção**, v. 8, n.2, p. 11-23, 2005.

NASCIMENTO, P.T.S.; YU, A.S.O.; NIGRO, F.E.B.; FREDERICK, B.W.B.; PETHO, S.L.; MARQUES, J.J. Competência compartilhada na determinação da trajetória tecnológica do sistema flex-fuel: o caso da Delphi. *In*: XIII Seminário Latino Iberoamericano de Gestão Tecnológica, 2009, Cartagena de Índias. **Annales...** Cartagena de Índias, Colômbia: ALTEC, 2009a.

NASCIMENTO, P.T.S.; YU, A.S.O.; QUINELLO, R.; RUSSO, R. F. S. M.; NIGRO, F. E. B.; LIMA, N.C. Exogenous Factors in the Development of Flexible Fuel Cars as a Local Dominant Technology. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 4, p. 110-119, 2009b.

NEVES, J.L. Pesquisa Qualitativa: características, usos e possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v.1, n. 3, 1996.

NICHOLS, R.J. The metanol story: a sustainable fuel for the future. **Journal of Scientific & Industrial Research**, v. 62, p. 97-105, 2003.

NIGRO, F.; SZWARC, A. **Etanol como combustível veicular: perspectivas tecnológicas e propostas de políticas públicas**. 2009. Disponível em: <http://www.unica.com.br/downloads/estudosmatrizenergetica/pdf/Matriz_Flex_Nigro6.pdf>. Acesso: 03/05/2010.

NONAKA, I. A dynamic theory of organizational knowledge creation. **Organization Science**, v. 5, n. 1, p. 14-37, 1994.

NONAKA, I. The knowledge-creating company. **Harvard Business Review**, n. 69, p. 96-104, 1991.

NONAKA, I; BYOSIERE, P.; BORUCKI, C.C.; KONNO, N. Organizational knowledge creation theory: a first comprehensive test. **International Business Review**, v. 3, n. 4, p. 337-351, 1994.

NONAKA, I.; KONNO, N. The concept of “Ba”: building a foundation for knowledge creation. **California Management Review**, v. 40, n. 3, p. 40-54, 1998.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica do conhecimento**. 19. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

NONAKA, I.; TOYAMA, R.; KONNO, N. SECI, Ba, Leadership: a unified model of dynamic knowledge creation. **Long Range Planning**, v. 33, n. 1, p. 5-34, 2000.

- OLIVEIRA, A. Reassessing the Brazilian alcohol programme. **Energy Policy**, 1991.
- PARIKH, M. Knowledge management framework for high tech research and development. **Engineering Management Journal**, v. 13, n. 3, p. 27 – 33, 2001.
- PEFLEY, R. K.; PULLMAN, J. B.; SUGA, T. P; ESPÍNOLA, S. A feedback controlled fuel injection system can accommodate any alcohol-gasoline blend. *In: IV International Symposium on Alcohol Fuels Technology*. Guarujá, SP, 1980.
- POPADIUK, S.; CHOO, C.W. Innovation and knowledge creation: how are these concepts related? **International Journal of Information Management**, v. 26, p. 302-312, 2006.
- POSTHUMA, A.C. Autopeças na encruzilhada: modernização desarticulada e desnacionalização. In: ARBIX, G.; ZILBOVICIUS, M. (org). **De JK a FHC: a reinvenção dos carros**. São Paulo, Scritta, 1997.
- RIBEIRO, R.; COLLINS, H. The bread-making machine: tacit knowledge and two types of action. **Organization Studies**, v.28, p. 1417-1433, 2007.
- ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- RUY, M.; ALLIPRANDINI, D.H. Organisational learning in the new product development process: findings from three case studies in Brazilian manufacturing companies. **Int. J. Technology Management**, v. 44, n. 3/4, 2008.
- SABHERWAL, R.; BECERRA-FERNANDEZ, I. An empirical study of the effect of knowledge management processes at individual, group and organizational levels. **Decision Science**, v. 34, n. 2, p. 225-260, 2003.
- SALERNO, M.S. *et al.* (2002). A nova configuração da cadeia automotiva brasileira. Disponível em: <<http://www.poli.usp.br/pro/cadeia-automotiva>>. Acesso em: 17/11/2008.
- SALOMÃO, A.; ONAGA, M. Etanol. O mundo quer. O Brasil tem. **Exame**. São Paulo: Abril, ano 40, n. 12, ed. 870, p. 18-24, 21/06/2006.
- SANTOS, A.M.M.M.; BURITY, P. **BNDES: 50 anos – Histórias Setoriais: O Complexo Automotivo**. 2002. Disponível em: < <http://www.bndes.gov.br> >. Acesso: 20/01/2009.
- SANTOS, M.H.C. **Políticas e políticas de uma energia alternativa: o caso do Proálcool**. Rio de Janeiro: Notrya, 1993.
- SCHULZE, A.; HOEGL, M. Knowledge creation in new product development projects. **Journal of Management**, v. 32, n. 2, p. 210-236, 2006.

SCHULZE, A.; HOEGL, M. Organizational knowledge creation and the generation of new product ideas: a behavioral approach. **Research Policy**, v. 37, p. 1742-1750, 2008.

SELLTIZ, C. *et al.* **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: EDUSP, 1975.

SENGE, P. **Quinta disciplina: arte, teoria e pratica da organização de aprendizagem**. São Paulo: Best Seller, 1990.

SHAPIRO, H. A primeira migração das montadoras: 1956 - 1968. *In:* ARBIX, G.; ZILBOVICIUS, M.(org). **De JK a FHC: a reinvenção dos carros**. São Paulo, Scritta, 1997.

SILVA, S.L. **Proposição de um modelo para caracterização das conversões do conhecimento no processo de desenvolvimento de produtos**. São Carlos, 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos.

SILVA, S.L.; ROZENFELD, H. Model for mapping knowledge management in product development: a case study at a truck and bus manufacturer. **Int. J. Automotive Technology and Management**, v. 7, n. 2/3, 2007.

SILVA, S.L.; ROZENFELD, H. Modelo de avaliação da gestão do conhecimento no processo de desenvolvimento do produto: aplicação de um estudo de caso. **Prod.**, São Paulo, v. 13, n. 2, 2003.

SINDIPEÇAS. Disponível em: < <http://www.sindipecas.org.br>>. Acesso em: 02/09/2009.

STEFANOVITZ, J.P. **Criação de conhecimento e inovação na indústria de alta tecnologia**: estudo e análise de casos em uma empresa do setor de automação industrial. São Carlos, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos.

STUART, I. *et al.* Effective case research in operations management: a process perspective. **Journal of Operations Management**, v. 20, p. 419-433, 2002.

TAKEISHI, A. Bridging inter- and intra-firm boundaries: management of supplier involvement in automobile product development. **Strategic Management Journal**, v.22, n.5, p.403–433, 2001.

TAN, J. Managing knowledge – how do it – a practical case study. **The British Journal of Administrative Management**, n. 19, 2000.

TOLEDO, J.C. *et al.* **Modelo de referência para a gestão do processo de desenvolvimento de produto**: aplicações na indústria brasileira de autopeças. Relatório final de pesquisa. São Carlos: FAPESP, 2002.

TOLEDO, J.C. *et al.* Práticas de gestão no desenvolvimento de produtos em empresas de autopeças. **Prod.**, v. 18, n. 2, p. 408 – 422, 2008.

TUOMI, I. Data is more than knowledge: implications of the reversed knowledge hierarchy for knowledge management and organizational memory. **Journal of Management Information Systems**, v. 16, n. 3, p. 103-117, 1999.

VON HIPPEL, E.; TYRE, M. How learning by doing is done: problem identification in novel process equipment. **Research Policy**, v. 24, p. 1-12, 1995.

VON KROGH, G.; ICHIJO, K.; NONAKA, I. **Facilitando a criação do conhecimento: reinventando a empresa com o poder da inovação contínua**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

VOSS, C.; TSIKRITSIS, N.; FROHLICH, M. Case Research in Operations Management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n.2, p.195-219, 2002.

YU, A.S.O. **Estratégia de testes no desenvolvimento de produtos: um estudo das dependências probabilísticas**. São Paulo, 2003. Tese (Livre Docência). Departamento de Administração. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Universidade de São Paulo.

YU, A.S.O.; FIGUEIREDO, P.S.; NASCIMENTO, P.T.S. Development Resource Planning: complexity of product development and the capacity to launch new products. **Journal of Product Innovation Management**, v. 27, p. 253-266, 2010.

YU, A.S.O.; NASCIMENTO, P.T.S.; NIGRO, F.E.B.; FREDERICK, B.W.B.; GATTI JR., W.; MELLO, K.G.P.C. Supplier Involvement in Flex-Fuel Technology Development: The GeneralMotors and Volkswagen Brazilian Cases. *In*: Portland International Center for the Management of Engineering and Technology, 2009. Portland. **Proceedings...Portland, OR, USA: PICMET, 2009.**

YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZHANG, J. **Knowledge flow management and product innovation performance: an exploratory study on MNC subsidiaries in China**. Philadelphia, 2006. Tese (Doctor of Philosophy). Temple University.

ZINS, C. Conceptual approaches for defining Data, Information, and Knowledge. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 58, n. 4, p. 479–493, 2007.

ZURBIN, R. Achieving energy victory. 2007. Disponível em: <<http://thenewatlantis.com>>. Acesso em 19/10/2010.

APÊNDICE 01 – PROTOCOLO DE PESQUISA

Visão geral do projeto

Duas parecem ser as condições impostas às organizações na atualidade: a necessidade de produzir inovações (materializada pelo desenvolvimento de novos produtos) e a utilização do conhecimento como ferramenta competitiva (entre outras coisas, expresso na capacidade de aprendizado e criatividade dos funcionários, em sua busca em fontes externas à empresa e no seu armazenamento e divulgação) (LEONARD-BARTON, 1995).

Este trabalho enquadra-se no esforço de pesquisa que procura unificar essas duas abordagens que vem sendo tratadas de forma segmentada e pouco sistemática pela literatura (SILVA; ROZENFELD, 2003) e tem como objetivo discutir um modelo de conhecimento organizacional adaptado ao desenvolvimento de novos produtos (DNP). Para isso, estuda o caminho percorrido pelo conhecimento nas empresas responsáveis pelo desenvolvimento da tecnologia *flex fuel* no Brasil. Esse sistema, lançado em 2003, foi desenvolvido simultaneamente por três grandes sistemistas, alvo dos estudos de caso que serão conduzidos: Bosch, Delphi e Magneti Marelli, e hoje equipa 94% dos veículos comercializados no país (ANFAVEA, 2009).

Armbrecht *et al.*(2001) argumentam que o conhecimento não pode ser de fato gerenciado, mas pode ter seu fluxo facilitado e propõem para isso, facilitadores definidos como: cultura, infra-estrutura e tecnologia. O facilitador cultural diz respeito a formação de um ambiente institucional que incentive a criação e compartilhamento do conhecimento. A infraestrutura refere-se ao impacto da gestão do conhecimento nas estruturas organizacional e física da empresa, e a tecnologia está ligada a utilização de computadores, bem como, e-mails, *intranets* e outras ferramentas de tecnologia da informação para estimular e facilitar o compartilhamento e acesso ao conhecimento.

O modelo construído para a condução deste trabalho investiga as maneiras como se processa o aprendizado no DNP, definido nas três fases propostas por Rozenfeld *et al.* (2006) sob a ótica das transformações do conhecimento definidas pelas dimensões de Nonaka e Takeuchi (2008). Assume-se que o conhecimento tem seu fluxo facilitado por fatores culturais, de infraestrutura e tecnológicos (ARMBRECHT *et al.*,2001) e sofre influências de organizações externas (ALMEIDA; PHENE, 2004).

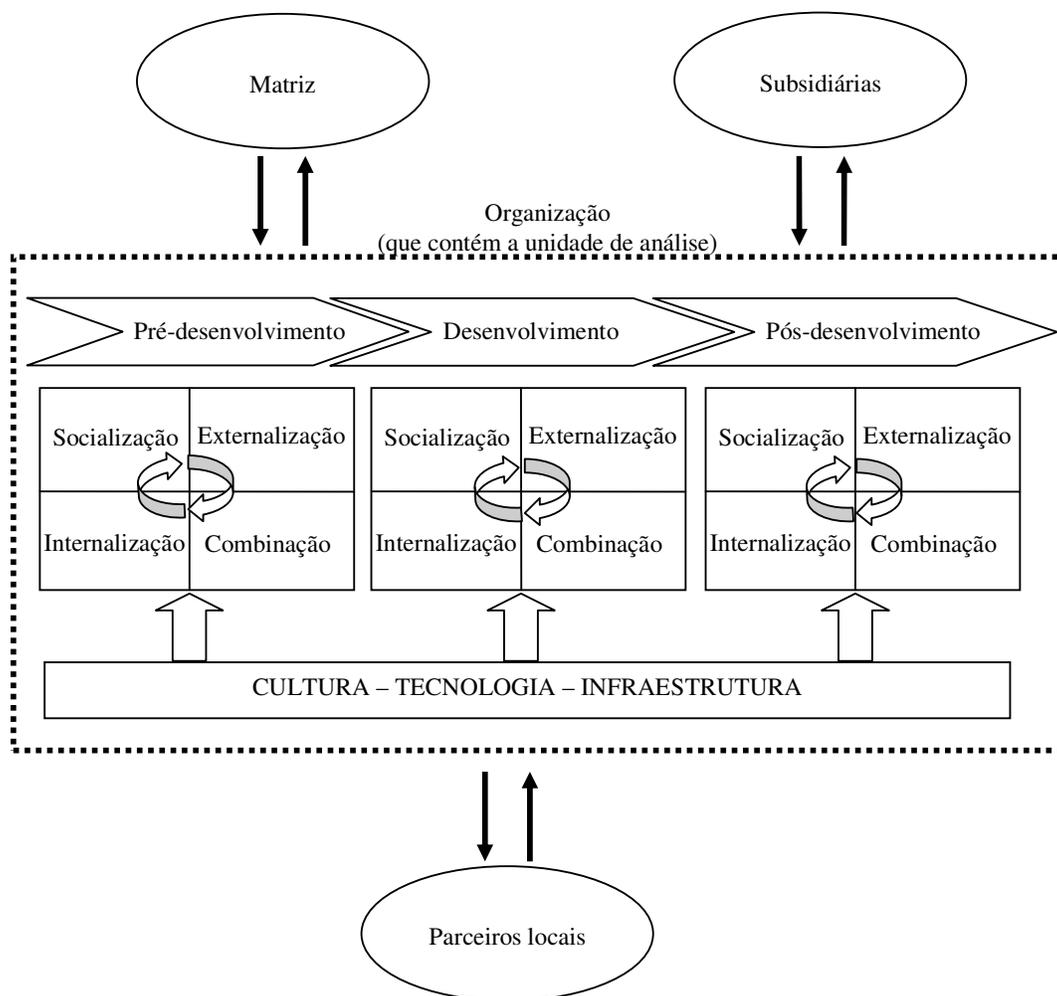


Figura 1 – Modelo teórico

Procedimentos de campo

Coleta de dados

O primeiro passo é obter autorização das empresas para as entrevistas e utilização de seus nomes, bem como agendar dias e horários com os contatos iniciais. Certificar-se se outros possíveis contatos, que possam contribuir com a pesquisa, estão disponíveis e/ou podem ser acionados.

<i>Empresas</i>	<i>Possíveis Contatos</i>
Magneti Marelli Sistemas Automotivos Av. Emancipação, 801 Jd. Santa Rita de Cássia Hortolândia – SP	Gino Montanari Alberto Bucci Vagner Eduardo Gavioli + Eng. de aplicação e/ou da equipe de projeto
Robert Bosch Ltda Via Anhangüera, Km 98 Vila Boa Vista	Besaniel Botelho Fabio Ferreira Bruno Bragazza

Campinas – SP	+ Eng. de aplicação e/ou da equipe de projeto
Delphi Automotive System Ltda	Roberto Stein
Av. Comendador Leopoldo Dedini, 1363	Orlando Volpato
Piracicaba – SP	+ Eng. de aplicação e/ou da equipe de projeto

Questões

Antes de elaborar roteiro detalhado verificar se as informações coletadas pelo grupo de pesquisa da disciplina, Inovação e Desenvolvimento de Produtos (2º semestre de 2008), coletadas entre setembro de 2008 e março de 2009 poderão ser aproveitadas nesta pesquisa.

Alguns pontos básicos devem ser observados.

A tecnologia

O que é o sistema *flex fuel*? Quais os componentes desenvolvidos pela companhia?

Conhecimento

Há algum processo formalizado para a gestão do conhecimento na empresa aplicado ao projeto *flex fuel*? Se sim, como funciona?

Existe algum programa formal de treinamento na companhia naquela época? Como funcionava?

Houve intercâmbio com outras subsidiárias durante o projeto? Como funcionou?

Houve e como se deu o envolvimento dos fornecedores no projeto?

Engenheiros e/ou compradores das montadoras acompanhavam o projeto? Como isso funcionou?

Houve intercâmbio de conhecimento sobre o sistema com os concorrentes? Como funcionou?

De que maneira a aplicação do produto nos clientes influenciou o projeto? Como se deu este processo?

Como se dava a comunicação entre os membros do time(s) de projeto? E com os agentes externos?

Desenvolvimento de produtos

Há algum processo formalizado para o DNP aplicado ao projeto *flex fuel*? Se sim, como funcionava?

Como foi constituída a equipe de projeto (líder e demais membros) para o desenvolvimento da solução *flex fuel*? Qual a formação dos membros da equipe? Quanto tempo estavam alocados nas funções?

Quais os principais *milestones* do projeto *flex fuel*? Houve o envolvimento de terceiros (ex.: subsidiárias, fornecedores e clientes) em algum deles?

Os recursos do projeto foram alocados de que maneira (ex.: percentuais para cada atividade)?

Qual a tecnologia empregada no desenvolvimento do sistema *flex fuel* (ex.: CAD, CAE, internet)?

De que maneira o projeto foi documentado?

Qual a infraestrutura a disposição da equipe de projeto (ex.: laboratórios, *softwares* específicos, banco de dados de algoritmos, *papers*, etc)?

Onde trabalharam (localização, estrutura física) as equipes do projeto *flex fuel*?

Esquema básico do relatório final

A partir dos dados coletados nas entrevistas, serão construídos quadros demonstrativos das evidências da transformação do conhecimento para cada fase do projeto de desenvolvimento do sistema *flex fuel*. Admite-se que as evidências serão alocadas onde aparecerem com maior intensidade. Os fatores que facilitam o fluxo de conhecimento também serão identificados.

	Tácito	PARA	Explícito
EM			
Tácito	<p>Socialização</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contato dos engenheiros de aplicação do produto com os engenheiros de produto das montadoras. • Reuniões com clientes potenciais – processo de convencimento/venda da solução. • Divulgação da solução entre agentes da cadeia automobilística, AEA e seminários. • Assistência técnica. 		<p>Externalização</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Papers</i>. • Divulgação na imprensa.
Explícito		<p>Internalização</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conhecimento aplicado em novos projetos (ex.: Flex Start[®]). 	<p>Combinação</p> <ul style="list-style-type: none"> • Patentes. • <i>Papers</i>. • Divulgação imprensa. • Web sites. • Construção de banco de dados.

Quadro 1 – Exemplo de evidências da transformação do aprendizado organizacional pós-projeto

Espera-se que o trabalho possa contribuir:

- No aspecto teórico: com evidências empíricas que comprovem a associação entre os modos de conversão do conhecimento e o processo de DNP.
- No aspecto gerencial: com a identificação de prioridades entre as dimensões de transformação do conhecimento, em função do estágio do DNP. Estas prioridades poderão se caracterizar pela importância das evidências e/ou o número de ocorrências de eventos. A adoção do modelo poderia se traduzir em ganhos de produtividade e custos para as empresas, pois os facilitadores do fluxo do conhecimento seriam corretamente direcionados.

APÊNDICE 02 – CARTAS PARA AS EMPRESAS**Robert Bosch**

Para: **Besaniel Botelho**
Bruno Domenico Bragazza

Prezados senhores, agradecemos desde já sua disposição em participar desta pesquisa. Este texto tem por finalidade assegurar os direitos dos colaboradores na pesquisa quanto a questões éticas. Por favor, leia-o antes de tomar a decisão final sobre sua colaboração, não hesite em fazer à equipe de pesquisa todas as perguntas de esclarecimento que julgarem necessárias. Se os senhores aceitarem participar da pesquisa, o resultado da coleta de dados será submetido aos senhores para a autorização final para a divulgação dos dados.

Tema da pesquisa

Aprendizagem organizacional e desenvolvimento de produtos.

Composição da equipe de pesquisa

Pesquisador

Wilian Gatti Junior, mestrando do curso de Pós-Graduação em Administração da Universidade de São Paulo. Tels. (11) 2973.6413 ou (11) 9102.2731. Correio eletrônico: wgatti@usp.br

Orientador

Prof. Dr. Abraham Sin Oih Yu, professor da FEA-USP, pesquisador IPT. Tel.: (11) 3767.4749. Correio eletrônico: abraoyu@ipt.br

Descrição da pesquisa

Esta pesquisa tem por tema a aprendizagem organizacional decorrente das transformações do conhecimento, descrito como tácito e explícito, durante as fases que compõem o desenvolvimento de um novo produto. Por se tratar de um assunto com amplo escopo, o foco da pesquisa será o desenvolvimento da tecnologia bicombustível. O levantamento de dados em sua organização permitirá a conclusão de uma dissertação e uma eventual publicação de artigos em congressos e em revistas acadêmicas na área de administração.

Para a realização desta pesquisa suas participações serão de grande valor, visto a falta de compreensão e de estudos sobre o tema. O objetivo é extrair conclusões que possam contribuir para o entendimento do processo de aprendizagem de indivíduos, grupos e organizações, a partir dos desafios impostos pelo processo de desenvolvimento de produtos. Neste sentido, a entrevista que lhe solicitamos poderá lhes ser útil, pois demanda uma reflexão sobre elementos de base dos processos de desenvolvimento e do gerenciamento de projetos em sua empresa.

Consideramos importante identificar em nossas publicações o nome de sua empresa. Nós o faremos exclusivamente sob autorização expressa da sua diretoria.

Não hesitem em entrar em contato diretamente conosco sobre toda e qualquer questão a respeito desta pesquisa.

Muito obrigado.

Prof. Dr. Abraham Sin Oih Yu

Magneti Marelli Sistemas Automotivos

Para: **Gino Montanari**
Vagner Eduardo Gavioli

Prezados senhores, agradecemos desde já sua disposição em participar desta pesquisa. Este texto tem por finalidade assegurar os direitos dos colaboradores na pesquisa quanto a questões éticas. Por favor, leia-o antes de tomar a decisão final sobre sua colaboração, não hesite em fazer à equipe de pesquisa todas as perguntas de esclarecimento que julgarem necessárias. Se os senhores aceitarem participar da pesquisa, o resultado da coleta de dados será submetido aos senhores para a autorização final para a divulgação dos dados.

Tema da pesquisa

Aprendizagem organizacional e desenvolvimento de produtos.

Composição da equipe de pesquisa

Pesquisador

Wilian Gatti Junior, mestrando do curso de Pós-Graduação em Administração da Universidade de São Paulo. Tels. (11) 2973.6413 ou (11) 9102.2731. Correio eletrônico: wgatti@usp.br

Orientador

Prof. Dr. Abraham Sin Oih Yu, professor da FEA-USP, pesquisador IPT. Tel.: (11) 3767.4749. Correio eletrônico: abraoyu@ipt.br

Descrição da pesquisa

Esta pesquisa tem por tema a aprendizagem organizacional decorrente das transformações do conhecimento, descrito como tácito e explícito, durante as fases que compõem o desenvolvimento de um novo produto. Por se tratar de um assunto com amplo escopo, o foco da pesquisa será o desenvolvimento da tecnologia bicomustível. O levantamento de dados em sua organização permitirá a conclusão de uma dissertação e uma eventual publicação de artigos em congressos e em revistas acadêmicas na área de administração.

Para a realização desta pesquisa suas participações serão de grande valor, visto a falta de compreensão e de estudos sobre o tema. O objetivo é extrair conclusões que possam contribuir para o entendimento do processo de aprendizagem de indivíduos, grupos e organizações, a partir dos desafios impostos pelo processo de desenvolvimento de produtos. Neste sentido, a entrevista que lhe solicitamos poderá lhes ser útil, pois demanda uma reflexão sobre elementos de base dos processos de desenvolvimento e do gerenciamento de projetos em sua empresa.

Consideramos importante identificar em nossas publicações o nome de sua empresa. Nós o faremos exclusivamente sob autorização expressa da sua diretoria.

Não hesitem em entrar em contato diretamente conosco sobre toda e qualquer questão a respeito desta pesquisa.

Muito obrigado.

Prof. Dr. Abraham Sin Oih Yu

Delphi Automotive System

Para: **Roberto Stein**
Orlando Volpato Filho

Prezados senhores, agradecemos desde já sua disposição em participar desta pesquisa. Este texto tem por finalidade assegurar os direitos dos colaboradores na pesquisa quanto a questões éticas. Por favor, leia-o antes de tomar a decisão final sobre sua colaboração, não hesite em fazer à equipe de pesquisa todas as perguntas de esclarecimento que julgarem necessárias. Se os senhores aceitarem participar da pesquisa, o resultado da coleta de dados será submetido aos senhores para a autorização final para a divulgação dos dados.

Tema da pesquisa

Aprendizagem organizacional e desenvolvimento de produtos.

Composição da equipe de pesquisa

Pesquisador

Wilian Gatti Junior, mestrando do curso de Pós-Graduação em Administração da Universidade de São Paulo. Tels. (11) 2973.6413 ou (11) 9102.2731. Correio eletrônico: wgatti@usp.br

Orientador

Prof. Dr. Abraham Sin Oih Yu, professor da FEA-USP, pesquisador IPT. Tel.: (11) 3767.4749. Correio eletrônico: abraoyu@ipt.br

Descrição da pesquisa

Esta pesquisa tem por tema a aprendizagem organizacional decorrente das transformações do conhecimento, descrito como tácito e explícito, durante as fases que compõem o desenvolvimento de um novo produto. Por se tratar de um assunto com amplo escopo, o foco da pesquisa será o desenvolvimento da tecnologia bicomustível. O levantamento de dados em sua organização permitirá a conclusão de uma dissertação e uma eventual publicação de artigos em congressos e em revistas acadêmicas na área de administração.

Para a realização desta pesquisa suas participações serão de grande valor, visto a falta de compreensão e de estudos sobre o tema. O objetivo é extrair conclusões que possam contribuir para o entendimento do processo de aprendizagem de indivíduos, grupos e organizações, a partir dos desafios impostos pelo processo de desenvolvimento de produtos. Neste sentido, a entrevista que lhe solicitamos poderá lhes ser útil, pois demanda uma reflexão sobre elementos de base dos processos de desenvolvimento e do gerenciamento de projetos em sua empresa.

Consideramos importante identificar em nossas publicações o nome de sua empresa. Nós o faremos exclusivamente sob autorização expressa da sua diretoria.

Não hesitem em entrar em contato diretamente conosco sobre toda e qualquer questão a respeito desta pesquisa.

Muito obrigado.

Prof. Dr. Abraham Sin Oih Yu

APÊNDICE 03 - ROTEIRO DE ENTREVISTA

Pré-desenvolvimento

Questões	Questão de Pesquisa		
	Tecnologia	Cultura	Infraestrutura
O que é o sistema <i>flex fuel</i> ? Quais os componentes desenvolvidos/fornecidos pela companhia para este sistema?			
Quais eram os objetivos e metas para o desenvolvimento do sistema <i>flex fuel</i> ?		X	
Quais foram as primeiras dificuldades com o projeto do sistema <i>flex fuel</i> ? Como foram contornadas?	X	X	X
Existia algum programa formal de treinamento na companhia naquela época? Como funcionava?		X	
Foram necessárias avaliações em relação ao processo produtivo da companhia? Como isto ocorreu?	X	X	X
Como foi constituída a equipe de projeto (líder e demais membros) para o desenvolvimento da solução <i>flex fuel</i> ? Qual a formação acadêmica e profissional dos membros da equipe?			X
Os membros da equipe já exerciam funções similares na organização? Há quanto tempo estavam alocados nessas funções? Há quanto tempo trabalhavam na organização?		X	

Projeto de desenvolvimento

Questões	Questão de Pesquisa		
	Tecnologia	Cultura	Infraestrutura
Havia algum processo formalizado para o DNP e que foi aplicado ao projeto <i>flex fuel</i> ? Se sim, como funcionava?		X	
Qual foi a tecnologia empregada no desenvolvimento do sistema <i>flex fuel</i> (ex.: CAD, CAE, etc)?	X		
De que maneira o projeto foi documentado?	X	X	
Qual foi a infraestrutura a disposição da equipe de projeto (ex.: laboratórios, <i>softwares</i> específicos, banco de dados de algoritmos, papers, etc)?	X		X

Quais foram as principais dificuldades com o projeto do sistema <i>flex fuel</i> ? Como foram contornadas?		X	X
Como se dava a comunicação entre os membros do time(s) de projeto? E com os agentes externos?	X	X	X
Onde trabalharam (localização, estrutura física) as equipes do projeto <i>flex fuel</i> ?			X
Houve intercâmbio com outras subsidiárias durante o projeto? Como funcionou?		X	X
Quais os principais <i>milestones</i> do projeto <i>flex fuel</i> ?			
Quais foram as demais áreas ou departamentos da empresa que se incorporaram ao desenvolvimento? Como foi a qualidade de relacionamento (comunicação, aceitação de ideias, etc)? Já havia experiências anteriores com equipes interdepartamentais na empresa?		X	X
Houve intercâmbio de conhecimento sobre o sistema com os concorrentes? Como funcionou?		X	X
Houve o envolvimento dos fornecedores no projeto? Como se deu?		X	X
Engenheiros e/ou compradores das montadoras acompanhavam o projeto? Como isso funcionou?		X	X
De alguma maneira a aplicação do produto nos clientes alterou o projeto? Como se deu este processo?	X	X	X
Os recursos do projeto foram alocados de que maneira (ex.: percentuais para cada atividade)?		X	

Pós-Desenvolvimento

Questões	Tecnologia	Cultura	Infraestrutura
Foi realizado algum acompanhamento do produto após seu lançamento? Como isso ocorreu? O que pode ser observado?	X	X	X
Havia algum processo formalizado para a gestão do conhecimento na empresa aplicado ao projeto <i>flex fuel</i> ? Se sim, o desenvolvimento seguiu este processo? Como funcionou?		X	
Havia algum sistema de registro e resgate para as lições aprendidas? Como funcionava?	X		
Foram necessárias alterações no processo produtivo da companhia? Como isto ocorreu?	X	X	X
Quais os passos seguidos para a introdução de mudanças incrementais no produto lançado?	X	X	X
Algumas das lições deste projeto puderam ser aplicadas em outros? Quais e de quê maneira?	X	X	X
Outras unidades da companhia se beneficiaram do desenvolvimento da tecnologia <i>flex fuel</i> ? De que maneira?		X	

APÊNDICE 04 – CITAÇÕES PARA OS MODOS DE CONVERSÃO DO CONHECIMENTO

Abaixo as citações extraídas da literatura utilizadas para a avaliação das transformações do conhecimento no capítulo 8.

Socialização

¹“A socialização é um processo de compartilhamento de experiências e, a partir daí, da criação do conhecimento tácito, como modelos mentais ou habilidades técnicas compartilhadas... O segredo para a aquisição do conhecimento tácito é a experiência”. (NONAKA; TAKEUCHI, 2008, p.69)

²“O compartilhamento do conhecimento tácito entre vários indivíduos com diferentes históricos, perspectivas e motivações torna-se a etapa crítica à criação do conhecimento organizacional”. (NONAKA; TAKEUCHI, 2008, p.97)

³“A socialização também pode ocorrer em reuniões sociais informais fora do ambiente de trabalho” (NONAKA; TOYAMA; KONNO, 2000 p. 9)

⁴“O processo de aquisição de conhecimento é amplamente suportado através da interação direta com fornecedores e clientes”. (NONAKA; KONNO, 1998, p. 43)

Externalização

⁵“Quando tentamos conceituar uma imagem, a expressamos basicamente através da linguagem – a escrita é uma forma de converter o conhecimento tácito em conhecimento articulável”. (NONAKA; TAKEUCHI, 2008, p.71)

⁶“A criação do conceito no desenvolvimento de um novo produto é um exemplo deste processo de conversão”. (NONAKA; TOYAMA; KONNO, 2000 p. 9)

⁷“[...] caracterizado por interações mais formais como entrevistas com especialistas ou o compartilhamento de lições aprendidas em projetos anteriores”. (SCHULZE; HOEGL, 2008, p.1743)

⁸“[...] requer a manifestação do conhecimento tácito e sua tradução de uma forma compreensível que possa ser entendida pelos outros”. (NONAKA; KONNO, 1998, p. 42)

Combinação

⁹“A reconfiguração das informações existentes através da classificação do acréscimo, da combinação e da categorização do conhecimento explícito (como o realizado em banco de dados de computadores) pode levar a novos conhecimentos”. (NONAKA; TAKEUCHI, 2008, p.75)

¹⁰“No contexto dos negócios, constata-se a conversão do conhecimento através da combinação, na maioria das vezes, quando os gerentes de nível médio desmembram e operacionalizam visões empresariais, conceitos de negócios ou conceitos de produtos. A

gerência de nível médio desempenha um papel crítico na criação de novos conceitos através da rede de informações e conhecimentos codificados”. (NONAKA; TAKEUCHI, 2008, p.76)

¹¹“Um arquétipo pode ser considerado um protótipo no caso do processo de desenvolvimento de um novo produto [...] o arquétipo é construído combinando-se o conhecimento explícito recém-criado e o conhecimento explícito existente. Por exemplo, no caso da construção de um protótipo, o conhecimento explícito pode assumir a forma de tecnologias ou componente. Como os conceitos justificados, que são explícitos, são transformados em arquétipos, que também são explícitos, essa fase é semelhante à combinação”. (NONAKA; TAKEUCHI, 2008, p.100)

¹²“Na prática, o processo de combinação baseia-se em três processos. Capturar e integrar novos conhecimentos explícitos [...] de dentro ou fora da companhia e combinar estes dados [...] disseminar este conhecimento explícito [...] usando apresentações e reuniões [...] editando ou processando este conhecimento explícito tornando os mais utilizáveis (ex.: documentos como planos, relatórios, dados de mercado)” (NONAKA; KONNO, 1998, p. 45)

Internalização

¹³“É intimamente relacionada ao aprender fazendo... Quando são internalizadas nas bases do conhecimento tácito dos indivíduos sob a forma de modelos mentais ou know-how técnico compartilhado...” (NONAKA; TAKEUCHI, 2008, p.77)

¹⁴“A documentação ajuda os indivíduos a internalizarem suas experiências, aumentando assim seu conhecimento tácito. Além disso, os documentos ou manuais facilitam a transferência do conhecimento explícito para outras pessoas, ajudando-as a vivenciar indiretamente as experiências dos outros”. (NONAKA; TAKEUCHI, 2008, p.78)

¹⁵“O conhecimento explícito pode ser também incorporado por meio da simulação ou experimentos que disparam o aprendizado na prática”. (NONAKA; TOYAMA; KONNO, 2000, p. 10)

¹⁶“[...] esse conhecimento operacional acontece por meio de: leitura/visualização e estudo individual de documentos de diferentes formatos/tipos (textos, imagens, etc); prática individual (learning by doing); reinterpretar/reexperimentar, individualmente, vivências e práticas”. (SILVA, 2002, p.47)