

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS  
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO

AGNALDO PEDRA

UM ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE MODELOS 3D  
DIGITAIS NO PROCESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DE UMA EMPRESA DA  
INDÚSTRIA DE MANUFATURA

SÃO PAULO  
2010

AGNALDO PEDRA

UM ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE MODELOS 3D  
DIGITAIS NO PROCESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DE UMA EMPRESA DA  
INDÚSTRIA DE MANUFATURA

Dissertação apresentada à Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Administração de Empresas.

Campo de conhecimento:  
Administração, Análise e Tecnologia de Informação.

Orientador: Prof. Dr. Jaci Corrêa Leite

SÃO PAULO

2010

Pedra, agnaldo.

Um Estudo Exploratório sobre a Utilização de Modelos 3D Digitais no Processo de Inovação Tecnológica de uma Empresa da Indústria de Manufatura / Agnaldo Pedra. - 2010.

79 f.

Orientador: Jaci Corrêa Leite

Dissertação (mestrado) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo.

1. Inovações tecnológicas. 2. Administração de empresas – Métodos de simulação. 3. Tecnologia industrial. 4. Inovações tecnológicas -- Administração. I. Leite, Jaci Corrêa. II. Dissertação (mestrado) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo. III. Título.

CDU 62.001.6

AGNALDO PEDRA

UM ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE MODELOS 3D  
DIGITAIS NO PROCESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DE UMA EMPRESA DA  
INDÚSTRIA DE MANUFATURA

Dissertação apresentada a Escola de  
Administração de Empresas de São Paulo  
da Fundação Getúlio Vargas, como  
requisito para obtenção do título de  
Mestre em Administração de Empresas

Campo de conhecimento:  
Administração, Análise e Tecnologia de  
Informação

Data de aprovação:  
24/02/2010

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Jaci Corrêa Leite (Orientador)  
FGV-EAESP

---

Prof. Dr. Luiz Carlos Di Serio  
FGV-EAESP

---

Prof. Dr. Alexandre Augusto Massote  
FEI-Faculdade de Engenharia Industrial

Aos meus pais Laurindo e Joana (in memoriam)

## AGRADECIMENTOS

À minha esposa Vera Lucia Pacheco Pedra e ao meu filho Guilherme Pacheco Pedra pela paciência e compreensão inesgotáveis.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jaci Corrêa Leite pela autonomia que me concedeu e pelo apoio em momentos críticos ao longo deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Di Serio com o qual tive o prazer de trabalhar durante alguns meses do meu curso de mestrado. Seu conhecimento e entusiasmo constante representaram uma fonte de inspiração para os meus estudos.

À Prof. Dr. Susana Carla Farias Pereira pela participação na minha banca de qualificação. Seus valiosos comentários foram extremamente úteis para este trabalho.

Aos colaboradores da empresa objeto deste estudo pelo tratamento solícito e atencioso que me foi dispensado.

Aos meus companheiros de FGV, alunos de mestrado e doutorado, com os quais tive a oportunidade de trocar experiências enriquecedoras e, em várias situações, reconfortantes.

## RESUMO

Através de um estudo de caso, este trabalho apresenta evidências empíricas que reforçam e ampliam as descobertas de trabalhos anteriores sobre as contribuições dos modelos 3D digitais no processo de inovação tecnológica de uma empresa da indústria de manufatura, e oferece contribuições para a academia e para a prática.

A inovação tecnológica é um dos fatores essenciais da competição e do desenvolvimento industrial. Na medida em que as mudanças tecnológicas ocorrem em complexidade e ritmo crescentes, as empresas têm procurado aumentar a flexibilidade e a velocidade de suas atividades através de sofisticados sistemas de tecnologia de informação e de comunicações.

Na indústria de manufatura, os modelos 3D digitais têm sido cada vez mais utilizados ao longo do ciclo de vida dos produtos das empresas e a sua difusão não apenas tornou-os elementos chave para o processo de inovação tecnológica, mas a sua adoção está forçando muitas empresas a rever a forma como elas conduzem e gerenciam suas atividades de inovação

Palavras-chave: inovação tecnológica, modelos 3D, equipes multifuncionais, visualização, simulação.

## ABSTRACT

Through a case study, this work presents empiric evidences proving and enlarging the discoveries of previous works about the contributions of 3D digital models to the technological innovation process of manufacturing industry. It also contributes to the academy and to the practice.

The technological innovation is one of the essential factors of competition and industrial development. As technological changes happen in growing flexibility and rhythm, the organizations have been trying to increase the flexibility and the speed of its activities through sophisticated information technologies and communication systems.

In the manufacturing industry, the 3D digital models have been used more and more along the product life cycles of the organizations and their diffusion didn't just turn them into key elements to the technological innovation process: their adoption is also forcing many organizations to review the way they conduct and manage their innovation activities.

Keywords: technological innovation, 3D models, multi-functional teams, visualization, simulation.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estratégia Competitiva das Firms na Indústria Brasileira – 2000.....	18
Tabela 2: Distribuição das Aplicações dos Modelos 3D Digitais Explicitadas.....	64
Tabela 3: Distribuição dos Benefícios dos Modelos 3D Digitais Explicitados .....	67

## LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1: Estrutura do Trabalho .....	20
Esquema 2: Modelo Linear de Inovação - “ <i>Science Push</i> ” .....	28
Esquema 3: Modelo Linear Reverso - “ <i>Demand Pull</i> ” .....	29
Esquema 4: Modelo de Terceira Geração .....	29
Esquema 5: Modelo de Interações em Cadeia .....	30
Esquema 6: Processo de Projeto Utilizando CAD .....	33
Esquema 7: Modelo Simplificado do Processo de Inovação na GRAL.....	54

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Evolução da Tecnologia CAD .....	34
Quadro 2: Categorias de <i>Boundary Objects</i> .....	36
Quadro 3: Situações Relevantes para Diferentes Estratégicas de Pesquisa.....	47
Quadro 4: Contato e Frequência de Acesso aos Modelos 3D Digitais .....	58
Quadro 5: Forma de Acesso aos Modelos 3D Digitais .....	60
Quadro 6: Aplicações dos Modelos 3D Digitais para a Função .....	63
Quadro 7: Benefícios Proporcionados pelos Modelos 3D Digitais.....	66

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
<b>3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA</b>	<b>18</b>
<b>4. ESTRUTURA DO TRABALHO</b>	<b>20</b>
<b>5. REVISÃO TEÓRICA</b>	<b>22</b>
5.1 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	22
5.1.1 Inovação Tecnológica e Competitividade	23
5.1.2 Inovação Tecnológica como Processo	27
5.2 MODELOS 3D DIGITAIS	33
5.2.1 Histórico e Evolução	33
5.2.2 Modelos 3D Digitais e <i>Boundary Objects</i>	35
5.2.3 Modelos 3D Digitais e Capacidades Dinâmicas	38
5.2.4 Recursos dos Modelos 3D Digitais	43
<b>6. METODOLOGIA</b>	<b>45</b>
6.1 Metodologia Qualitativa	45
6.2 Tipo e Estratégia de Pesquisa	46
6.3 Método de Coleta de Dados	47
6.4 Protocolo de Pesquisa	48
6.5 Técnica de Análise de Dados	49
6.5.1 Análise de Conteúdo	49
6.5.2 Fases da Análise de Conteúdo	49
6.5.3 Unidades de Registro e de Contexto	51
<b>7. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>52</b>
7.1 Caracterização da Empresa	52
7.2 O Modelo de Processo de Inovação Tecnológica	53
7.3 Análise dos Resultados	57
7.3.1 Utilização dos Modelos 3D Digitais	58
7.3.2 Forma de Acesso aos Modelos 3D Digitais	59
7.3.3 Aplicações dos Modelos 3D Digitais	61
7.3.4 Benefícios dos Modelos 3D Digitais	64
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>71</b>

8.1 Contribuições e Implicações para a Prática .....	71
8.2 Limitações Metodológicas .....	72
8.3 Sugestões para Estudos Futuros .....	73
<b>9. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>75</b>
<b>10. APÊNDICE .....</b>	<b>79</b>
Roteiro de Entrevista.....	79

## 1. INTRODUÇÃO

O surgimento de novas tecnologias teve grandes repercussões econômicas e sociais, mudando não somente os procedimentos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), como também a engenharia de produção, os métodos de vendas, o treinamento industrial e as técnicas administrativas. Cada vez mais, um número maior de empregados nas empresas está envolvido na geração, no processamento e na distribuição de informações e conhecimentos (FREEMAN e SOETE, 2008).

Nesta economia com base no conhecimento, a inovação desempenha um papel fundamental. No nível macro, há um substancial conjunto de evidências de que a inovação é o fator dominante no crescimento econômico nacional e nos padrões do comércio internacional e no nível micro — dentro das empresas — a atividade de P&D é vista como o fator de maior capacidade de absorção e utilização pela empresa de novos conhecimentos de todo o tipo, não apenas conhecimento tecnológico (O.E.C.D., 2004).

A inovação tecnológica, particularmente, é um dos fatores fundamentais da competição e do desenvolvimento industrial. As recentes transformações tecnológicas, principalmente as relacionadas às tecnologias de informação e comunicação, transformaram produtos, processos, formas de uso e a vida das pessoas. A complexidade das informações técnicas envolvidas e do processamento dos seus dados significa que os sistemas especializados de armazenamento de informações, de manuseio e de recuperação destes tornaram-se crescentemente necessários (NEGRI, SALERNO e CASTRO, 2005; FREEMAN e SOETE, 2008).

Ao longo da segunda metade do século XX, foram feitas tentativas de se construir modelos para explicar o processo de inovação tecnológica. O modelo “*technology push*”, por exemplo, pressupõe que uma forte P&D pode permitir que uma empresa converta conhecimento em vantagem competitiva através de suas novas descobertas enquanto o modelo “*market pull*” parte do pressuposto que empresas que mantêm contatos próximos com os seus clientes podem identificar oportunidades para novos produtos ou novos processos (BARBIERI e ÁLVARES,

2003). Estes modelos e outros posteriores não são, entretanto, excludentes entre si: podem ser complementares. Em qualquer uma destas situações, as empresas devem estar atentas à velocidade e à eficiência com que interligam estas possibilidades técnicas e de mercado, por meio dos fluxos de informação e de novas ideias a fim de não serem ultrapassadas pelos seus concorrentes. Na medida em que as mudanças tecnológicas ocorrem em complexidade e ritmo crescentes, as empresas têm procurado aumentar a flexibilidade e a velocidade de suas atividades através de sofisticados sistemas de tecnologia de informação e de comunicações (FREEMAN e SOETE, 2008).

Dessa forma, a tecnologia de informação não é apenas o alvo da inovação, mas é também o motor da inovação porque aumenta a permeabilidade do conhecimento entre fronteiras permitindo a criação de novos conhecimentos e distribuindo-os de novas maneiras (BOLAND, LYTTINEN e YOUNGJIN, 2007).

Rothwell (1994) sugeriu um modelo de processo de inovação que se baseia na integração de sistemas e no “*networking*”, isto é, a formação de redes através do desenvolvimento de parcerias e alianças, e a intensificação da tecnologia de informação para aumentar a velocidade, a eficiência e a flexibilidade das atividades ao longo de todo o processo.

Na indústria de manufatura, os modelos tridimensionais (3D) digitais têm sido cada vez mais utilizados ao longo do ciclo de vida dos produtos das empresas. A evolução dos sistemas de Computer-Aided Design (CAD), ou Projeto Auxiliado por Computador, fez com que as suas funcionalidades iniciais desenvolvidas para a criação de desenhos em duas dimensões (2D) evoluíssem para sofisticados programas capazes de gerar autênticos protótipos digitais em 3D. Os *mainframes*, equipamentos originalmente necessários para a utilização destes programas cederam lugar para os microcomputadores que hoje oferecem capacidade de processamento e de armazenamento de dados, bem como recursos gráficos, em níveis extremamente elevados. A redução do valor dos investimentos em *hardware* e *software* necessários para a sua implementação transformou a tecnologia CAD em uma indústria bilionária e mudou a forma como milhares de pessoas pensam e trabalham diariamente nas empresas.

A conseqüente difusão dos modelos 3D digitais tornou-os elementos fundamentais para o processo de inovação tecnológica. Sua adoção está forçando muitas empresas a rever a forma como elas conduzem e gerenciam suas atividades de inovação (DODGSON, GANN e SALTER, 2007a).

Com base no que foi exposto, a questão básica deste trabalho é:

“Como a utilização de modelos 3D digitais vem contribuindo para o processo de inovação tecnológica de uma empresa da indústria de manufatura?”



## 2. OBJETIVOS

Através da revisão da literatura foi possível observar que os trabalhos desenvolvidos durante a década de 1990 focaram o processo de implementação da tecnologia de modelos 3D digitais nas empresas. Trabalhos mais recentes analisam outros aspectos relacionados à utilização dos modelos 3D digitais como, por exemplo, a sua contribuição na criação de conhecimento. Em ambas as situações, os estudos abordam, principalmente, as áreas de engenharia das empresas deixando uma lacuna relacionada ao impacto dos modelos 3D digitais em outros setores. Dentro deste contexto, foram estabelecidos os objetivos apresentados a seguir.

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo buscar evidências empíricas que reforcem e ampliem as descobertas de trabalhos anteriores sobre as contribuições dos modelos 3D digitais no processo de inovação tecnológica de uma empresa da indústria de manufatura.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o seu objetivo geral este trabalho deverá:

- identificar as etapas do processo de inovação tecnológica da empresa analisada;
- identificar as funções da empresa que fazem uso de modelos 3D digitais no processo de inovação tecnológica;
- identificar a forma de acesso aos modelos 3D digitais pelas funções da empresa que participam do processo de inovação tecnológica;
- identificar as aplicações dos modelos 3D digitais no processo de inovação tecnológica;
- identificar os benefícios provenientes da utilização de modelos 3D digitais no processo de inovação tecnológica.

### 3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

O projeto Inovações, Padrões Tecnológicos e Desempenho das Firms Industriais Brasileiras coordenado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) classificou a indústria brasileira segundo três estratégias competitivas (NEGRI, SALERNO e CASTRO, 2005):

- a) Firms que inovam e diferenciam produtos, ou seja, aquelas cuja estratégia competitiva se baseia na inovação de produtos e na obtenção de preços-prêmio, isto é, mediante a venda de seus produtos por preços superiores aos da concorrência.
- b) Firms especializadas em produtos padronizados, as quais concorrem por preço e obtêm produtividade semelhante à das firms que inovam e diferenciam produto.
- c) Firms que não diferenciam produto e têm produtividade menor comparativamente à das demais.

Estratégia competitiva	Número de firms	Participação no faturamento (%)	Participação no emprego (%)
Inovam e diferenciam produtos	1.199 (1,7%)	25,9	13,2
Especializadas em produtos padronizados	15.311 (21,3%)	62,6	48,7
Não diferenciam produtos e têm produtividade menor	55.495 (77,1%)	11,5	38,2
Total	72.005	100,0	100,0

Tabela 1: Estratégia Competitiva das Firms na Indústria Brasileira – 2000

Fonte: NEGRI, SALERNO e CASTRO, 2005, p. 9.

Neste projeto do IPEA, estudou-se o efeito da inovação e da diferenciação de produtos para as empresas, para os trabalhadores e para a economia como um todo. Os resultados demonstram que as firms que inovam e diferenciam produtos perfazem 1,7% do total das firms; 25,9% do faturamento e 13,3% do emprego na indústria (Tabela 1).

A literatura reconhece que a inovação tecnológica é um meio importante para se obter vantagem competitiva, isto é, “níveis de performance econômica acima da

média de mercado em função das estratégias adotadas pelas firmas” (VASCONCELOS e CYRINO, 2000). Entretanto, a busca pela compreensão do tema inovação expõe a dificuldade de se encontrar um esquema sintetizador do imenso conhecimento já acumulado ao longo das últimas décadas. É provável que isto ocorra devido à complexidade do assunto, à sua abrangência e às visões, algumas vezes conflitantes, de diversos autores de diferentes áreas do conhecimento como Economia, Estratégia e Marketing dentre outras para mencionar apenas alguns exemplos.

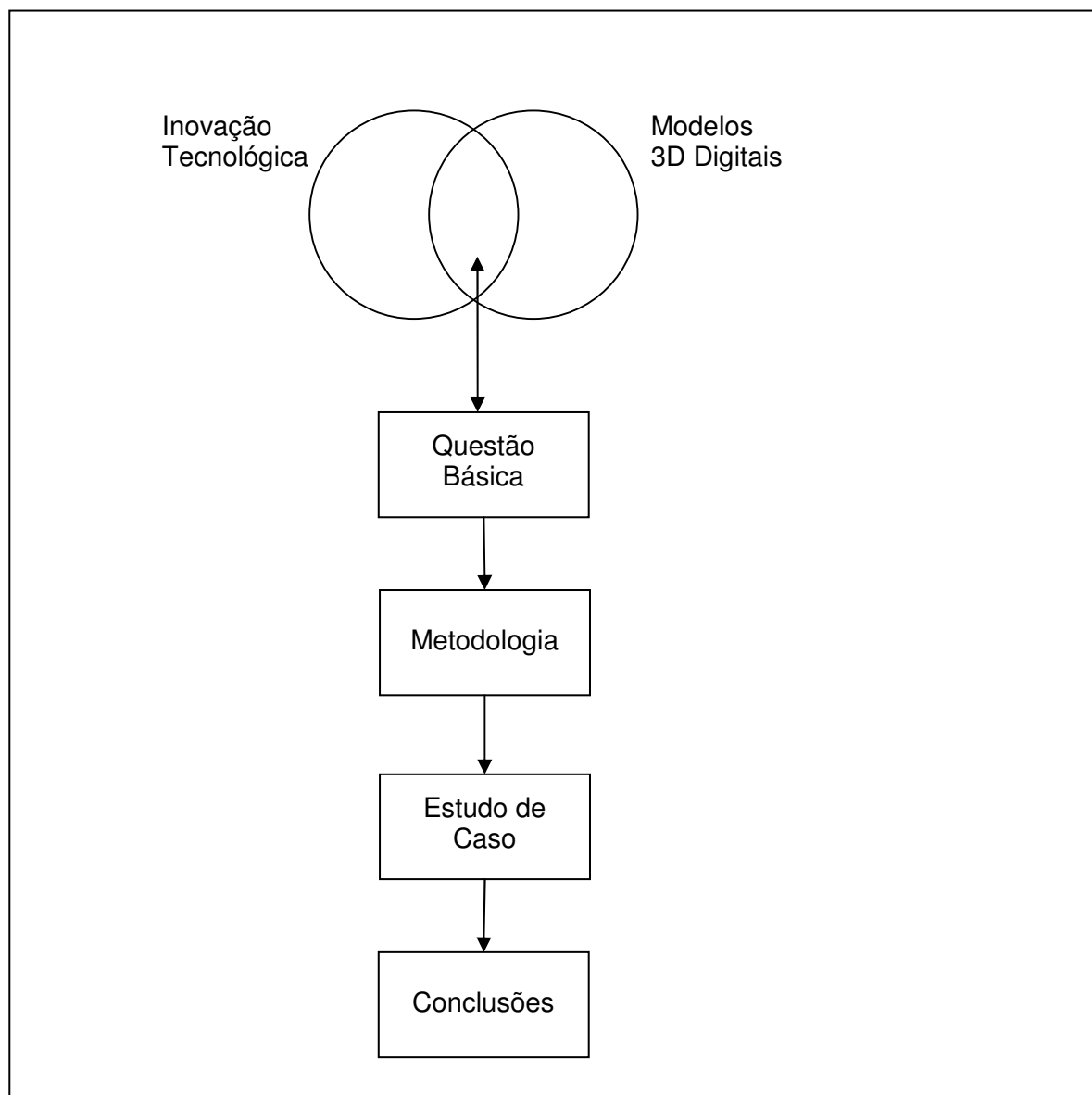
Apesar da crescente importância dos modelos 3D digitais para as empresas (DODGSON, GANN e SALTER, 2007a), a busca na literatura não encontrou trabalhos que tratem diretamente da relação entre processos de inovação tecnológica e modelos 3D digitais. Isto se torna ainda mais evidente quando se envolvem equipes multifuncionais nas quais a utilização dos modelos 3D digitais ocorre não apenas nas áreas de engenharia, onde o seu uso é bem conhecido, mas em outras áreas como Marketing, Compras e Qualidade, por exemplo. Dessa forma, um estudo sobre a utilização de modelos 3D digitais no processo de inovação tecnológica abre possibilidades de contribuições tanto para o meio acadêmico como para o meio empresarial.

Para o meio acadêmico, o estudo aqui proposto poderá fornecer evidências empíricas que agreguem uma melhor compreensão sobre as contribuições provenientes da utilização de modelos 3D digitais ao longo de um processo de inovação tecnológica que envolve uma equipe multifuncional.

No meio empresarial, empresas, usuárias ou não de tecnologias para geração e/ou consulta a modelos 3D digitais, poderão identificar exemplos práticos que inspirem melhorias nos seus processos de inovação tecnológica e orientem os seus investimentos nestas tecnologias. Já as empresas fabricantes destas tecnologias poderão identificar oportunidades não apenas para novas aplicações, mas também para possíveis melhorias dos seus produtos.

## 4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho seguirá o modelo apresentado no Esquema 1 e é descrito a seguir.



Esquema 1: Estrutura do Trabalho

Fonte: Elaborado pelo autor

No capítulo 5 é realizada uma revisão da teoria. Com o intuito de estabelecer uma base conceitual introdutória para as questões desenvolvidas neste trabalho, é apresentada inicialmente uma revisão simplificada sobre a origem, a evolução e a importância dos estudos sobre inovação sem obviamente ter a pretensão de esgotar

a discussão sobre este assunto. Na sequência, é feita uma análise dos diversos modelos de processos de inovação tecnológica abordando os seus principais aspectos bem como as tendências observadas na literatura. A revisão da teoria é concluída com um resumo sobre a evolução dos sistemas de CAD, desde a sua concepção até as gerações tecnológicas mais recentes que culminaram com a criação de modelos 3D digitais.

O capítulo 6 aborda a metodologia escolhida e trata de questões como tipo e estratégia de pesquisa, método de coleta de dados, protocolo de pesquisa e a técnica de análise de dados.

O capítulo 7 apresenta o estudo de caso que contempla a caracterização da empresa escolhida, o seu modelo de processo de inovação tecnológica e a análise dos resultados das entrevistas realizadas.

Na sequência, o capítulo 8 tece considerações finais incluindo contribuições e implicações para a prática, limitações metodológicas e sugestões para estudos futuros.

O trabalho é concluído com a apresentação das referências e do apêndice nos capítulos 9 e 10, respectivamente.

## 5. REVISÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta uma revisão simplificada sobre a origem, a evolução e a importância dos estudos sobre inovação; analisa os diversos modelos de processos de inovação tecnológica e apresenta um resumo sobre a evolução dos sistemas de CAD, desde a sua concepção até a chegada dos modelos 3D digitais.

### 5.1 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

De acordo com a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE),

“Inovações Tecnológicas em Produtos e Processos (TPP) compreendem as implantações de produtos e processos tecnologicamente novos e substanciais melhorias tecnológicas em produtos e processos. Uma inovação TPP é considerada implantada se tiver sido introduzida no mercado (inovação de produto) ou usada no processo de produção (inovação de processo). Uma inovação TPP envolve uma série de atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais. Uma empresa inovadora em TPP é uma empresa que tenha implantado produtos ou processos tecnologicamente novos ou com substancial melhoria tecnológica durante o período em análise” (O.E.C.D., 2004, p. 54).

Outras definições sobre inovações tecnológicas são encontradas na literatura podendo variar em terminologia. Mas todas enfatizam a necessidade de completar os aspectos do desenvolvimento e da exploração de novo conhecimento, e não apenas a sua invenção. Esta última não deve ser confundida com inovação já que a invenção é apenas o primeiro passo de um longo processo para difundir e disponibilizar uma boa ideia (TIDD, BESSANT e PAVITT, 2008).

Na sequência, é apresentada, de forma resumida, como a inovação tecnológica está relacionada com a competitividade das empresas e os principais modelos de processo que desenvolvem o seu uso prático.

### 5.1.1 Inovação Tecnológica e Competitividade

O início do século XX foi marcado por uma rápida difusão de inovações tecnológicas e organizacionais que ampliaram, de forma expressiva, a escala e a dimensão geográfica dos negócios das empresas, além de representarem um dos principais fatores para a geração de vantagem competitiva (TIGRE, 2006).

Para uma melhor compreensão da relação entre inovações tecnológicas e vantagens competitivas, é importante fazer uma breve e simplificada revisão de alguns dos principais acontecimentos históricos que marcaram a evolução da indústria bem como algumas das teorias econômicas que foram desenvolvidas desde então. Não se tem como objetivo apresentar todas as teorias econômicas já desenvolvidas e os seus respectivos autores, mas apenas e tão somente apresentar aspectos importantes de algumas dessas linhas de pensamento cujos fundamentos sustentam as teorias sobre vantagem competitiva e ajudam a entender as suas diferentes visões sobre o assunto.

A relação entre as inovações tecnológicas e as teorias sobre crescimento econômico têm início com o advento da Primeira Revolução Industrial entre os séculos XVIII e XIX (TIGRE, 2006). Nesta época, grandes inovações como a máquina a vapor e a automação dos processos de manufatura levam às primeiras interpretações sobre o papel da tecnologia na criação de riquezas. Adam Smith, autor de *A Riqueza das Nações*, foi um dos primeiros a reconhecer a relação entre mudança tecnológica e crescimento econômico atribuindo o aumento da produtividade à introdução da maquinaria e à divisão do trabalho. Outro economista clássico, David Ricardo, segue o postulado de Smith e entre as suas conclusões está a de que a transferência dos ganhos de produtividade para os preços pressupõe a existência de concorrência, uma condição de mercado que constitui um dos pilares das teorias clássicas (TIGRE, 2006, p. 12-15).

A Segunda Revolução Industrial ocorreu na segunda metade do século XIX e foi marcada, do ponto de vista tecnológico, pelo aprimoramento das inovações desenvolvidas anteriormente, visando torná-las mais operacionais e econômicas. Neste período ocorreram outras inovações importantes como a eletricidade, o telégrafo e o motor de combustão interna cujos impactos foram sentidos mais

profundamente no século XX. Surge, então, a economia neoclássica que, ao contrário da economia clássica, preocupada com as origens e causas das riquezas das nações, tem o seu foco na questão de formação de preços e alocação de recursos não dando tanta atenção às inovações tecnológicas, principalmente, aquelas que visam à diferenciação de produtos (TIGRE, 2006). No modelo neoclássico, a firma não é tratada como uma instituição, mas como um ator individual, sem nenhuma autonomia de decisão que responda racionalmente (e passivamente) às mudanças no ambiente (reduzido, na concepção clássica, aos mecanismos de preços e quantidades) (VASCONCELOS e CYRINO, 2000). Como observa Tigre (2006), a dinâmica tecnológica é, em larga medida, negligenciada pela teoria neoclássica, que vê a empresa industrial como um ponto dentro do sistema econômico, sem a preocupação de observar o seu funcionamento interno, considerado uma “caixa-preta”, que combina mecanicamente os fatores de produção disponíveis no mercado e os transforma em mercadorias.

Um aspecto importante a ser observado desta época é a visão sobre o papel da tecnologia na dinâmica econômica. Na teoria neoclássica, a tecnologia é considerada exógena à empresa - ou seja, constitui um fator de produção que pode ser adquirido no mercado por meio da compra de bens de capital ou via contratação de trabalhadores especializados estando disponível da mesma forma como se compram matérias-primas ou obtêm-se empréstimos e financiamentos. Por outro lado, a teoria marxista segue uma linha de pensamento diferente. Para Marx, a tecnologia é um fator endógeno ao funcionamento das empresas e a mudança tecnológica representa a base do aumento da produtividade e da geração de lucros, sendo a sua incorporação em bases exclusivas uma preocupação central do empresário (TIGRE, 2006).

As ideias de Marx exerceram grande influência sobre o economista austríaco Joseph Alois Schumpeter, que se tornou uma referência em estudos sobre inovação por suas interpretações do papel da tecnologia na competição e no desenvolvimento econômico. No início do século XX, Schumpeter, ao contrário dos economistas clássicos, não considerava o crescimento da população, o aumento da produção e o acúmulo de recursos como os fatores determinantes do desenvolvimento econômico e atribuía um papel mais relevante ao progresso técnico na dinâmica capitalista (COSTA, 2006, p. 1).



Na elaboração da sua teoria do desenvolvimento econômico, Schumpeter investiga o fenômeno das mudanças espontâneas e descontínuas da vida econômica (ou seja, as inovações no contexto deste trabalho), considerando os tipos de mudanças que emergem de dentro do sistema e que deslocam de tal modo o seu ponto de equilíbrio que o novo não pode ser alcançado a partir do antigo mediante passos infinitesimais. Nas palavras do autor, “Adicione sucessivamente quantas diligências quiser, com isso nunca terá uma linha de ferro” (SCHUMPETER, 1985, p. 47).

De forma sintetizada, na mesma obra, Schumpeter, sugere que o desenvolvimento econômico é fruto de mudanças espontâneas e descontínuas (inovações) que ocorrem na esfera industrial através de novas combinações de meios de produção existentes no sistema econômico, as quais dependem, por sua vez, da obtenção de recursos financeiros e do empresário para as suas realizações.

É importante neste momento, analisar o parágrafo anterior com base em comentários daquele próprio autor. A “esfera industrial” como palco da ocorrência de mudanças se justifica, por que

[...] as inovações no sistema econômico não aparecem, via de regra, de tal maneira que primeiramente as novas necessidades surgem espontaneamente nos consumidores e, então, o aparato produtivo se modifica sob sua pressão. Não negamos a presença desse nexos. Entretanto, é o produtor que, via de regra, inicia a mudança econômica, e os consumidores são educados por ele, se necessário; são, por assim dizer, ensinados a querer coisas novas, ou coisas que diferem em um aspecto ou outro daquelas que tinham o hábito de usar. (SCHUMPETER, 1985, p. 48)

As “novas combinações de meios de produção” englobam cinco casos:

1. Introdução de um novo bem – ou seja, um bem com que os consumidores ainda não estejam familiarizados – ou de uma nova qualidade de um bem;
2. Introdução de um novo método de produção, ou seja, um método que ainda não tenha sido testado pela experiência no ramo próprio da indústria de transformação, que de modo algum precisa ser baseada numa descoberta cientificamente nova e pode consistir também em nova maneira de manejar comercialmente uma mercadoria;

3. Abertura de um novo mercado, ou seja, de um mercado em que o ramo particular da indústria de transformação do país em questão não tenha ainda entrado, quer esse mercado tenha existido antes ou não;
4. Conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou de bens semimanufaturados, mais uma vez independentemente do fato de que essa fonte existia ou teve que ser criada;
5. Estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria, como a criação de uma posição de monopólio (por exemplo, pela trustificação) ou a fragmentação de uma posição de monopólio (SCHUMPETER, 1985, p. 48).

A obtenção dos “recursos financeiros”, por parte daqueles que ainda não os tenham, para a aquisição dos meios de produção necessários às novas combinações se dá através da figura do banqueiro que

[...] se coloca entre os que desejam formar combinações novas e os possuidores dos meios produtivos. Ele é essencialmente um fenômeno do desenvolvimento, embora apenas quando nenhuma autoridade central dirige o processo social. Ele torna possível a realização de novas combinações, autoriza as pessoas, por assim dizer, em nome da sociedade, a formá-las. É o éforo da economia de trocas (SCHUMPETER, 1985, p. 53).

Finalmente, o “empresário” que é apresentado como o fenômeno fundamental do desenvolvimento econômico e é definido como aquele cuja função é realizar as novas combinações, ou seja, os empreendimentos. Os empresários, na concepção de Schumpeter, não são necessariamente apenas os “homens de negócios”, mas também os empregados “dependentes” de uma empresa como gerentes, membros da diretoria etc., enfim,

[...] qualquer que seja o tipo, alguém só é um empresário quando efetivamente “levar a cabo novas modificações”, e perde esse caráter assim que tiver montado o seu negócio, quando dedicar-se a dirigi-lo, como outras pessoas dirigem os seus negócios. Essa é a regra, certamente, e assim é tão raro alguém permanecer sempre como empresário através das décadas de sua vida ativa, quanto é raro um homem de negócios nunca passar por um momento em que seja empresário mesmo que seja em menor grau (SCHUMPETER, 1985, p. 56).

Schumpeter (1984, p. 112), também questiona a visão de equilíbrio estático e de concorrência perfeita do mercado, defendida pela teoria neoclássica, destacando

que a máquina capitalista tem um caráter evolutivo cujo impulso fundamental que a mantém em movimento decorre dos novos bens de consumo, dos novos métodos de produção ou transporte, dos novos mercados, das novas formas de organização industrial que a empresa capitalista cria. Este processo de “mutação industrial”, nas palavras do autor, é que

[...] incessantemente revoluciona a estrutura econômica *a partir de dentro*, incessantemente destruindo a velha, incessantemente criando uma nova. Esse processo de Destruição Criativa é o fato essencial acerca do capitalismo. É nisso que consiste o capitalismo e é aí que têm que viver todas as empresas capitalistas (SCHUMPETER, 1984, p.113).

As ideias de Schumpeter permitem perceber como a inovação tecnológica é uma das principais alternativas para as empresas obterem vantagem competitiva sobre os seus concorrentes.

### 5.1.2 Inovação Tecnológica como Processo

A inovação é mais do que simplesmente conceber uma nova ideia; é o processo de desenvolver o seu uso prático e que traz em si o desafio de utilizar recursos normalmente escassos de forma mais eficaz ou de se tornar mais ágil e flexível em resposta a um cenário diverso ou novo (TIDD, BESSANT e PAVITT, 2008).

Ao longo dos anos foram desenvolvidos modelos para representar o processo de inovação. Mas, assim como o mapa não é o território que o representa, estes modelos devem ser encarados como estruturas para a reflexão, e não como descrições do modo como o processo realmente ocorre.

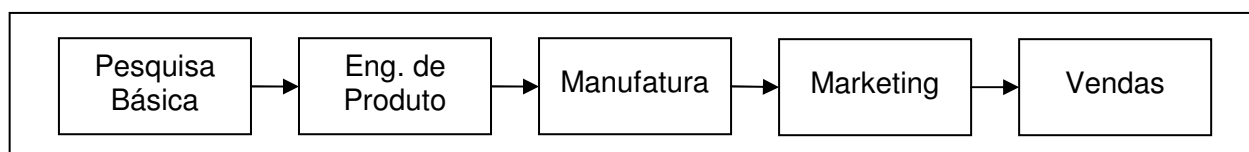
Rothwell (1994) apresentou uma perspectiva histórica sobre a evolução dos modelos de processo de inovação classificando-os em quatro gerações e sugerindo uma quinta geração conforme apresentado a seguir.

#### Modelo Linear de Inovação (*Science Push*)

Nos anos que se seguiram à II Guerra Mundial o mundo viveu um crescimento econômico sem paralelos através de uma rápida expansão industrial. Este período

foi marcado pelo surgimento de novas indústrias e pelo desenvolvimento de novas tecnologias que causaram um aumento do nível de emprego, prosperidade econômica e conseqüentemente expansão do consumo a ponto de, nos primeiros anos, a demanda ser superior à capacidade produtiva.

Dentro deste contexto, o processo de inovação seguiu uma forma linear do tipo “*science push*” (Esquema 2), isto é, assumia-se que quanto mais P&D mais produtos novos bem-sucedidos seriam lançados.



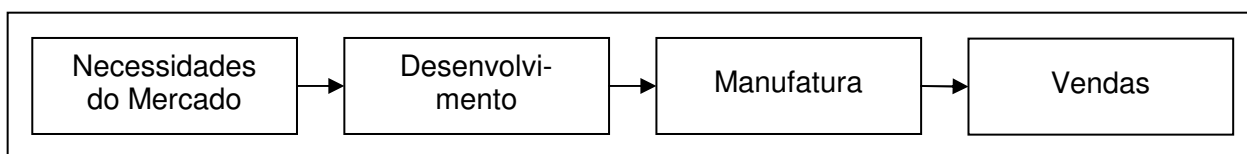
Esquema 2: Modelo Linear de Inovação - “*Science Push*”

Fonte: ROTHWELL, 1994, p. 8.

### Modelo Linear Reverso (*Demand Pull*)

Na segunda metade dos anos 1960 a prosperidade econômica era mantida enquanto a taxa de emprego permanecia relativamente estável e a indústria de manufatura empenhava-se na busca de crescimento, tanto orgânico quanto através de aquisições e da diversificação. Além disso, o lançamento de novos produtos ocorria em torno de tecnologias já existentes e, com o aumento da concorrência, as empresas começaram a adotar estratégias de marketing na busca por uma maior participação de mercado. Isto levou a uma segunda geração de modelo de inovação que ficou conhecido como “*demand pull*” (Esquema 3). Neste modelo, o mercado era a fonte de ideias para as atividades de P&D que passaram a ter um papel mais reativo no processo.

Um dos grandes riscos deste modelo é que, com o passar do tempo, as empresas poderiam negligenciar investimentos em P&D amarrando-se a um regime de incrementalismo tecnológico e perderiam, dessa forma, as suas capacidades de se adaptarem a situações de mudanças radicais de mercado e/ou de tecnologia.



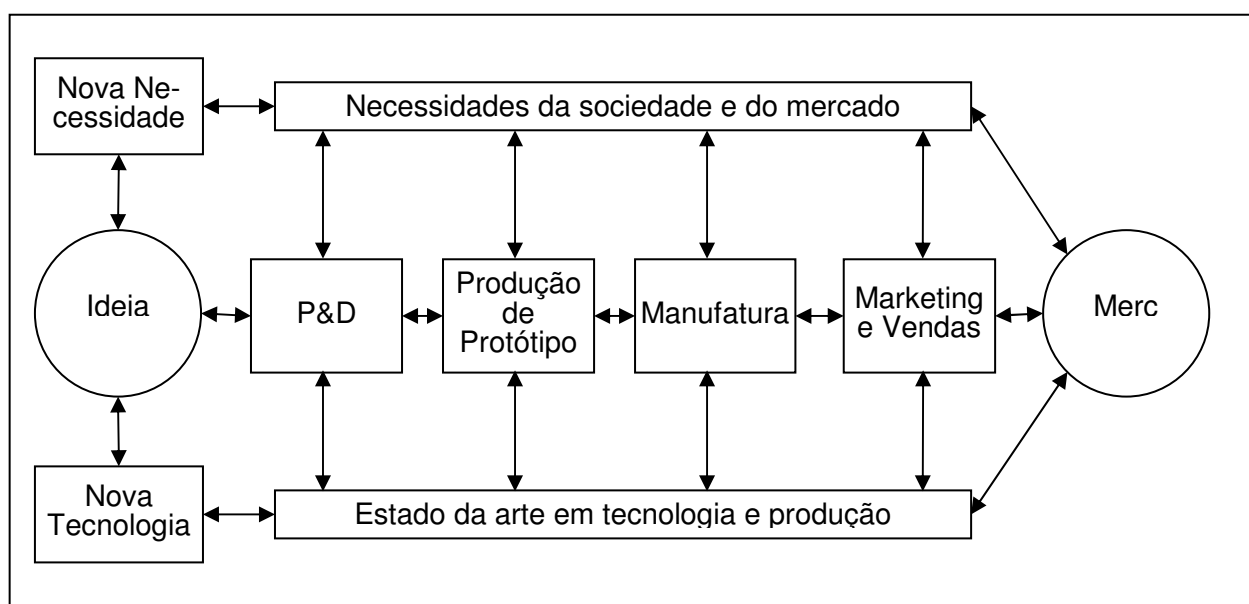
Esquema 3: Modelo Linear Reverso - "Demand Pull"

Fonte: ROTHWELL, 1994, p. 9.

### Modelo de Terceira Geração

O início dos anos 1970, com a crise do petróleo, foi marcado por uma estagflação, durante a qual a capacidade de oferta geralmente superava a demanda e o índice de desemprego aumentava. As empresas foram forçadas a adotar estratégias que visavam à redução e ao controle dos custos, de forma que se tornou cada vez mais necessário compreender as bases para as inovações bem sucedidas a fim de reduzir a incidência de falhas dispendiosas ao longo do processo.

Estudos empíricos indicaram que os modelos "science push" e "demand pull" eram exemplos extremos e atípicos de um processo mais amplo de interação que envolvia, de um lado, as capacidades tecnológicas e, de outro, as necessidades do mercado. Surgiu o modelo de terceira geração (Esquema 4) caracterizado por ser um processo sequencial, embora não necessariamente contínuo, que pode ser dividido em estágios distintos, mas que interagem e são interdependentes.



Esquema 4: Modelo de Terceira Geração

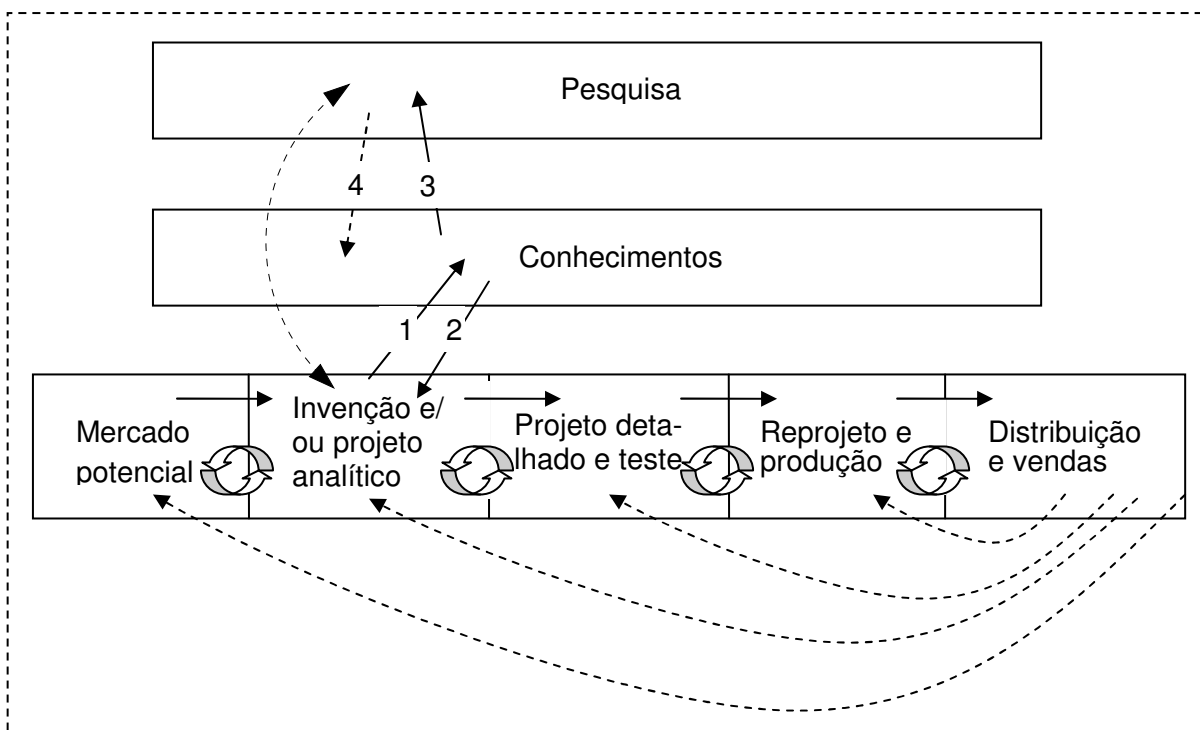
Fonte: ROTHWELL, 1994, p. 10.

Este modelo tem o mérito de mostrar que a inovação é um processo que articula as necessidades da sociedade e do mercado com os avanços dos conhecimentos científicos e tecnológicos. Apesar de chamado por Rothwell (1994) de Terceira geração, a origem deste modelo é bem anterior, podendo ser encontrado em outros autores (BARBIERI e ÁLVARES, 2003).

#### Modelo de Interações em Cadeia (*Chain-Linked*)

O final dos anos 1970 e o início dos anos 1980 anunciaram um período de recuperação da economia com as empresas focando os seus negócios e as suas tecnologias essenciais. Uma nova geração de tecnologias de informação orientou as estratégias de manufatura das empresas, iniciou-se um processo de estratégia de globalização e houve um rápido crescimento de alianças estratégicas entre as empresas.

Kline (1978) desenvolveu um modelo no qual são enfatizadas as interações (*feedbacks*) entre as diferentes fases do processo, como ilustra a Esquema 5.



Esquema 5: Modelo de Interações em Cadeia

Fonte: Adaptado de Kline (1978 *apud* BARBIERI e ÁLVARES, 2003)

Estas interações ocorrem especialmente na base que o autor denomina cadeia central de inovação e é formada pela vinculação entre necessidades de mercado, invenção ou projeto analítico, projeto detalhado e teste, reprojeto e produção, distribuição e mercado. As setas no interior da cadeia central ilustram a trajetória típica do modelo linear, mas, neste modelo, elas são acrescidas das setas curvas, relativas aos diferentes *feedbacks*. As setas numeradas de 1 a 4 representam as frequentes interações entre invenção, conhecimento e pesquisa: a seta 1 indica a ligação entre a invenção e o conhecimento do setor. Se o conhecimento existente é capaz de prover dados, a informação retorna ao processo de invenção conforme indica a seta 2. Se isso não for possível, a empresa deverá realizar pesquisas conforme indicado pela seta 3. O retorno da pesquisa pode ocorrer após alguns anos, razão pela qual a seta 4 é tracejada. (BARBIERI e ÁLVARES, 2003).

#### A Caminho do Modelo de Processo de Inovação de Quinta Geração

Rothwell (1994) observou que entre as estratégias corporativas dominantes dos anos 1980 as que chamavam mais atenção estavam relacionadas à velocidade de desenvolvimento de novos produtos, isto é, ser um inovador rápido se tornava cada vez mais um fator importante para se determinar a competitividade de uma empresa. Dessa forma, as empresas inovadoras estariam se deslocando para uma nova geração de processo de inovação com base na integração de sistemas e no *networking*, isto é, a formação de redes através do desenvolvimento de parcerias e alianças, para aumentar a velocidade, a eficiência e a flexibilidade das suas atividades de desenvolvimento de produtos. Esta quinta geração de processo de inovações seria caracterizada tanto pelos seus elementos de estratégia subjacentes como pelas principais características habilitadoras apresentados a seguir.

#### Elementos de Estratégia Subjacentes:

- Estratégias baseadas no tempo (maior rapidez, desenvolvimento mais eficiente de produtos).
- Desenvolvimento focalizado na qualidade e outros fatores extra-preço.
- Ênfase na flexibilidade e sensibilidade empresarial.
- Foco no cliente no primeiro plano da estratégia.

- Integração estratégica com os principais fornecedores.
- Estratégias de colaboração tecnológica horizontal.
- Estratégias de processamento eletrônico de dados.
- Políticas de controle de qualidade total.

#### Principais Características Habilitadoras:

- Maior integração organizacional e de sistemas:
  - processos de desenvolvimento paralelos e integrados (interfuncionais).
  - envolvimento antecipado de fornecedores no desenvolvimento de produtos.
  - envolvimento de usuários de ponta no desenvolvimento de produtos.
  - estabelecimento de colaboração tecnológica horizontal quando for apropriado.
- Estruturas organizacionais mais horizontais e flexíveis para rápidas e efetivas tomadas de decisões:
  - maior poder para gerentes de escalões mais baixos.
  - campeões de produtos líderes de projetos.
- Banco de dados interno completamente desenvolvido:
  - sistemas efetivos para o compartilhamento de dados.
  - métrica de desenvolvimento de produtos, heurística baseada em computadores, sistemas especialistas.
  - desenvolvimento de produtos assistidos eletronicamente através de sistemas de CAD-3D e modelos de simulação.
  - sistemas de CAD/CAE integrados para melhorar a flexibilidade de desenvolvimento de produtos bem como a sua capacidade de manufatura.
- Ligação efetiva com dados externos:
  - co-desenvolvimento com fornecedores utilizando sistemas de CAD conectados.
  - uso de CAD na conexão com clientes.
  - vinculação efetiva de dados com colaboradores em P&D.



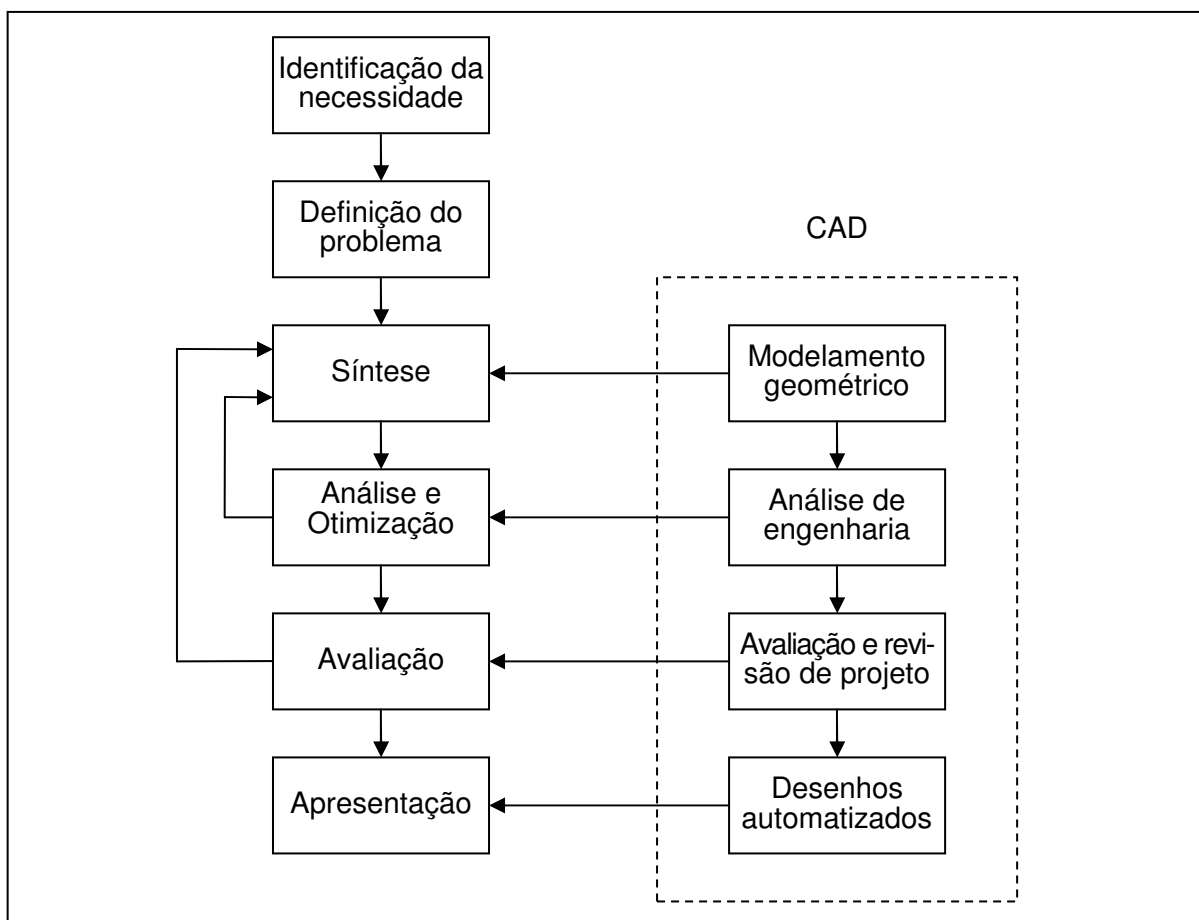
## 5.2 MODELOS 3D DIGITAIS

### 5.2.1 Histórico e Evolução

No início da década de 1960, um grupo de pesquisadores do Massachusetts Institute of Technology (MIT) nos Estados Unidos, iniciou atividades com o intuito de desenvolver uma tecnologia capaz de permitir o desenvolvimento de projetos com o auxílio de computadores.

Com os recursos limitados de *hardware* e de *software* disponíveis na época, este grupo criou um programa batizado Sketchpad que se tornou o ponto de partida de uma tecnologia que ficaria conhecida mundialmente como CAD (Computer-Aided Design, Projeto Auxiliado por Computador).

As aplicações dos sistemas de CAD na engenharia de produto (Esquema 6) trouxeram inúmeras vantagens para as empresas (GROOVER, 2001) incluindo:



Esquema 6: Processo de Projeto Utilizando CAD

Fonte: GROOVER, 2001, p. 756.

- Melhoria da produtividade dos projetistas. Isto é alcançado já que os projetistas podem conceituar o produto e os seus componentes reduzindo o tempo das atividades de síntese, análise e documentação do projeto.
- Melhoria da qualidade dos projetos. A flexibilidade e a rapidez com as quais os sistemas de CAD efetuam alterações nos modelos 3D permitem que os projetistas avaliem uma variedade maior de alternativas melhorando a qualidade do produto final.
- Melhoria da documentação dos projetos. A geração automática de desenhos a partir dos modelos 3D reduz o número de erros, aumenta a padronização e melhora a legibilidade.
- Criação de um banco de dados de manufatura. O processo de desenvolvimento de produtos a partir de modelos 3D gera informações necessárias às etapas posteriores de manufatura como especificações geométricas, listas de materiais etc.

As funcionalidades iniciais desenvolvidas para a criação de desenhos em duas dimensões evoluíram para sofisticados programas capazes de gerar autênticos protótipos digitais tridimensionais conforme apresentado no Quadro 1 (BABA e NOBEOKA, 1998).

No estágio Introdução, os sistemas de CAD eram utilizados como autênticas “pranchetas eletrônicas” para a geração de desenhos. Apesar dos ganhos de produtividade, os benefícios alcançados ainda eram reduzidos.

<b>Estágio</b>	Introdução	Difusão	Integração
<b>Tecnologia CAD</b>	Predominantemente 2D	2D e 3D	3D
<b>Proposta Primária</b>	Eficiência no envio de desenhos para máquinas de controle numérico.	Difusão e aprendizado da tecnologia pelos usuários.	Engenharia simultânea.
<b>Período</b>	1970-1985	1985-1995	1995-

Quadro 1: Evolução da Tecnologia CAD  
 Fonte: Adaptado de BABA e NOBEOKA, 1998.

De meados dos anos 1980 até meados dos anos 1990, houve uma crescente difusão dos sistemas de CAD nas empresas, apoiada pela redução dos investimentos necessários e pela sua constante evolução tecnológica que os tornavam mais produtivos e confiáveis. Isto ajuda a explicar por que a literatura nesta época focou os processos de adoção e de implementação desta tecnologia (TAN e VONDEREMBSE, 2006).

A partir da segunda metade dos anos 1990, a utilização dos sistemas de CAD foi se consolidando na indústria de manufatura e, como consequência, os modelos 3D digitais se tornam cada vez mais um meio de definição de produtos e também de colaboração, aumentando, dessa forma, a integração interna e externa das empresas.

### 5.2.2 Modelos 3D Digitais e *Boundary Objects*

A partir de um estudo sobre a tensão causada entre pontos de vista divergentes e a necessidade de produzir descobertas generalizáveis no trabalho científico, Star e Griesemer (1989) apresentaram o conceito de *boundary object*. Trata-se de um conceito analítico sobre aqueles objetos científicos que, ao mesmo tempo, habitam a intersecção de diferentes mundos sociais e satisfazem as necessidades de informação de cada um deles. Estes objetos, que podem ser abstratos ou concretos, têm diferentes significados para diferentes mundos sociais, mas a sua estrutura é comum o suficiente para mais de um destes mundos fazê-los reconhecíveis, como um meio de tradução. Dessa forma, a criação de *boundary objects* torna-se um fator importante para desenvolver e manter coerência entre diferentes mundos sociais e serve como base para conversações para a solução de problemas (DODGSON, GANN e SALTER, 2007b).

Por exemplo, a forma como o conhecimento é estruturado diferentemente em quatro mundos sociais dependentes entre si (vendas/marketing, engenharia de produto, engenharia de manufatura e produção), envolvidos no desenvolvimento de um novo produto apresenta três características (CARLILE, 2002):

1. O conhecimento é localizado ao redor de problemas específicos enfrentados em cada mundo social;
2. Quanto maior a distância entre os indivíduos dos diferentes mundos sociais, maior a dificuldade de comunicar o conhecimento embutido de cada um para os outros;
3. Os indivíduos de um mundo social tendem a preferir não mudar o seu conhecimento por outro desenvolvido por outra comunidade da qual tenham dependência.

A partir de uma adaptação das categorias de *boundary objects* (Quadro 2), definidas por Star e Griesemer (1989), Carlile (2002) identificou três características de *boundary objects*.

Categoria	Descrição
Repositórios	Fornecem definições compartilhadas para a solução de problemas entre diferentes funções (ex: bancos de dados de custos, bancos de dados de CAD/CAM, biblioteca de peças etc.).
Métodos e Formulários Padronizados	Fornecem um formato compartilhado para resolver problemas entre funções. Os formulários seguem uma estrutura e linguagem mutuamente compreensíveis que tornam a definição e a categorização de diferenças e potenciais consequências mais compartilháveis e menos problemáticas (ex: normas para relatar problemas, métodos para a solução de problemas, formulários de mudanças de engenharia etc.).
Objetos ou Modelos	Representações simples ou complexas que podem ser observadas e depois utilizadas pelos diferentes mundos sociais (ex: rascunhos, desenhos de montagens, protótipos, modelos de simulação etc.).
Mapas de Fronteiras	Representam as dependências e fronteiras que existem entre diferentes grupos ou funções em um nível mais sistêmico (ex: gráficos de Gantt, mapas de processos etc.).

Quadro 2: Categorias de *Boundary Objects*

Fonte: Adaptado de CARLILE, 2002.

Primeiro, um *boundary object* estabelece uma linguagem comum para que os indivíduos possam representar o seu conhecimento (categoria de Métodos e Formulários Padronizados). Em segundo, um *boundary object* proporciona um meio concreto para que os indivíduos possam expressar o que de fato conhecem e aprender quais são as diferenças e dependências em relação às outras funções (categoria de Métodos e Formulários Padronizados). Em terceiro, um *boundary object* facilita um processo no qual os indivíduos transformam o seu conhecimento através da negociação em situações de conflito (categorias de Objetos ou Modelos e Mapas de Fronteiras).

Já na concepção de um projeto de engenharia, as representações intermediárias dos produtos e dos seus processos de criação são registros de conflitos e de consensos. Estes registros documentam as vidas de objetos físicos e virtuais na forma de rascunhos, descrições e modelos que, por sua vez, habitam o espaço de negociação nas fronteiras entre os diferentes mundos sociais (SUBRAHMANIAN *et al.*, 2003).

O desenvolvimento de produtos e a solução de problemas envolvem mais do que uma simples escolha entre diversas opções técnicas feitas pela engenharia. Para solucionar os problemas com os quais se deparam, os engenheiros se apoiam em uma cultura social e informal, redes e padrões de comunicação. O trabalho em um projeto é algumas vezes conduzido por equipes multifuncionais das quais participam pessoas de diversas empresas. Os membros das equipes compartilham experiências, contam histórias, rascunham e interagem com artefatos a fim de desenvolver soluções (DODGSON, GANN e SALTER, 2007a).

A engenharia está intrinsecamente ligada à comunicação visual desde os primeiros passos de um projeto, passando pela produção e vendas e chegando ao treinamento dos usuários finais. Neste cenário, a capacidade dos desenhos de engenharia de ser flexíveis para vários usos e usuários e assim facilitar a leitura por diferentes mundos sociais os qualificam como *boundary objects* nos termos de Star e Griesemer (1989). Entretanto, o advento dos sistemas de CAD e a utilização de modelos 3D digitais afetaram o relacionamento entre os indivíduos de diferentes mundos sociais (HENDERSON, 1991).

A comunicação tem um papel central na efetividade de um processo de engenharia simultânea que somente pode ser implementada, de forma bem sucedida, quando as pessoas dos diferentes grupos funcionais compartilham conhecimento e linguagem similares. Neste contexto, os modelos 3D digitais podem se tornar referências às quais os diferentes grupos funcionais podem recorrer para conversações durante o desenvolvimento de um produto (BABA e NOBEOKA, 1998).

O desafio de desenvolver soluções inovadoras e seguras para problemas complexos permanece na linha de frente da engenharia e a busca por informações, bem como o desenvolvimento de conhecimento, faz com que a utilização de ferramentas de tecnologia de informação para a criação de modelos 3D digitais e métodos de simulação exerçam um papel importante para facilitar a tomada de decisões entre diferentes alternativas disponíveis (DODGSON, GANN e SALTER, 2007b).

Assim, a análise dos modelos 3D digitais como alternativa para resolver tensões entre as diferentes e, em diversas situações, discordantes funções envolvidas em um processo de inovação tecnológica pode proporcionar *insights* sobre como as empresas podem estimular uma inovação compartilhada.

### 5.2.3 Modelos 3D Digitais e Capacidades Dinâmicas

A cooperação interfuncional na experimentação e no desenvolvimento de projetos envolve a apropriação local dos modelos 3D digitais pelas funções individuais de acordo com as suas necessidades, conhecimentos e objetivos específicos. Enquanto o modelo 3D digital pode potencialmente agir como uma interface padronizada e facilitar a transferência de conhecimento entre diferentes fronteiras funcionais, isto funciona apenas na medida em que é suportado pelo desenvolvimento de rotinas integrativas. Estas, por sua vez, demonstram a habilidade de uma empresa em criar e manter capacidades dinâmicas e, dessa forma, sustentar seu potencial inovativo, adaptativo e competitivo (D'ADDERIO, 2001).

Teece, Pisano e Shuen (1997) definem capacidade dinâmica como “a habilidade de uma empresa para integrar, criar e reconfigurar competências internas e externas a

fim de se adaptar a ambientes de rápida mudança”. Surge, então, uma questão importante, que é identificar as bases através das quais as empresas podem criar, manter e melhorar vantagens distintas e difíceis de replicar. Para estes autores, a essência das capacidades dinâmicas e da vantagem competitiva de uma empresa é explicada pelos processos organizacionais que são, por sua vez, moldados pela posição de ativos da empresa e dependentes das trajetórias evolucionária e co-evolucionária da mesma.

Dosi, Nelson e Winter (2000) entendem por capacidade uma unidade de análise que tem um objetivo definido e expresso na forma de resultados substanciais que ela deve viabilizar. Além disso, uma capacidade deve ser moldada por decisões conscientes tanto na sua fase de desenvolvimento como na sua implementação. Tais critérios, segundo estes autores, distinguem uma capacidade de uma rotina organizacional. Winter (2003) reforça este conceito distinguindo capacidades dinâmicas de capacidades ordinárias. No caso hipotético de uma empresa em ‘estado de equilíbrio’, que gera renda suficiente para a sua sobrevivência através da produção e da venda de um mesmo produto para um mesmo mercado ao longo do tempo, as capacidades exercidas neste processo estacionário são classificadas como ordinárias. Ao contrário, as capacidades que mudam um produto, um processo de produção, a escala ou os mercados são classificadas como capacidades dinâmicas. Winter (2003) cunhou o termo “solução de problema *ad hoc*” para explicar as mudanças que ocorrem devido a eventos relativamente imprevisíveis através de comportamentos não altamente padronizados e não repetitivos.

Para Eisenhardt e Martin (2000), as capacidades dinâmicas consistem de processos organizacionais e estratégicos. Citam alguns exemplos que têm sido objeto de extensa pesquisa empírica como os processos de desenvolvimento de produto, de alocação de recursos e de transferência de conhecimento entre outros. De acordo com a sua argumentação, as capacidades dinâmicas são condições necessárias, mas não suficientes para gerar vantagem competitiva e, considerando que a funcionalidade das mesmas pode ser replicada entre as empresas, o seu valor está na configuração dos recursos que elas criam e não nas capacidades dinâmicas em si.

A fim de evitar uma iminente tautologia por se definir capacidade como habilidade e também por considerar o termo “competências” genérico, Zollo e Winter (2002) apresentaram uma alternativa à definição original de Teece, Pisano e Shuen (1997): “Uma capacidade dinâmica é um padrão aprendido de atividade coletiva e estável, através do qual a organização gera e modifica sistematicamente as suas rotinas operacionais em busca de efetividade aprimorada” (ZOLLO e WINTER, 2002, p. 340).

Mais recentemente, Helfat *et al.* (2007) observaram que nem todas as capacidades dinâmicas agem sobre as rotinas operacionais de uma empresa e apresentam uma nova definição: “Uma capacidade dinâmica é aquilo que permite a uma empresa criar, estender e modificar, intencionalmente, a sua base de recursos” (HEL FAT *et al.*, 2007, p. 4).

Helfat *et al.* (2007) são cuidadosos em excluir qualquer tipo de tautologia relacionada com desempenho superior. Dessa forma, a mudança na base de recursos de uma empresa implica apenas que ela está fazendo algo diferente, mas não necessariamente melhor do que fazia antes. Além disso, a função realizada pela capacidade dinâmica é repetitiva e pode ser executada, até certo ponto, confiavelmente, ou seja, trata-se de uma atividade padronizada e de alguma forma praticada. A inclusão do elemento padronizado distingue a capacidade dinâmica de uma simples “solução de problema *ad hoc*”, conforme Winter (2003).

Sem o intuito de criar uma definição, mas a fim de, apenas e tão-somente, capturar e sintetizar as principais características aqui apresentadas, propõe-se o seguinte conceito de capacidade dinâmica:

*Uma capacidade dinâmica é caracterizada pela intencionalidade e repetitividade com as quais uma empresa identifica oportunidades ou ameaças de mudança e altera a sua base de recursos, através de processos que devem aprimorar funções selecionadas, a fim de obter vantagem competitiva.*

Os significados específicos de alguns termos desta definição são detalhados a seguir.



### *“intencionalidade”*

A palavra “intencionalidade” indica que as capacidades dinâmicas refletem algum grau de intenção, mesmo que não totalmente explícito, o que as distingue de acidente ou sorte (HELFAT *et al.*, 2007). Este atributo de intencionalidade também difere as capacidades dinâmicas das rotinas organizacionais, isto é, atividades organizacionais mecânicas, que carecem de intenção (DOSI, NELSON e WINTER, 2000).

### *“repetitividade”*

Uma capacidade dinâmica é estruturada e persistente. Uma empresa que se adapta de forma criativa, mas desarticulada a uma sucessão de crises não está exercendo uma capacidade dinâmica (ZOLLO e WINTER, 2002). Além disso, a característica da repetitividade distingue a capacidade dinâmica da “solução de problema *ad hoc*”, termo cunhado por Winter (2003) para explicar as mudanças que ocorrem devido a eventos relativamente imprevisíveis através de comportamentos não altamente padronizados e não repetitivos.

### *“altera”*

Ao contrário das capacidades operacionais, as capacidades dinâmicas alteram a base de recursos da empresa e estas alterações podem ocorrer de várias formas. As empresas podem “criar”, no sentido de incluir todas as formas de criação de recursos em uma empresa como, por exemplo, a obtenção de novos recursos através de aquisições ou alianças, bem como por inovações e atividades empreendedoras. As empresas podem “estender” as suas respectivas bases de recursos para fazer mais do mesmo quando, por exemplo, procuram promover o crescimento de negócios em andamento. As empresas podem “modificar” as suas respectivas bases de recursos para mudar os seus negócios, por exemplo, em resposta a mudanças no ambiente externo (HELFAT *et al.*, 2007).

### *“base de recursos”*

A “base de recursos” de uma empresa inclui os ativos (recursos) tangíveis, intangíveis e humanos bem como as habilidades que a empresa possui, controla ou tem acesso em uma condição preferencial. Uma empresa não precisa necessariamente possuir um recurso para que ele faça parte da sua base de recursos como é o caso, por exemplo, dos seus funcionários. Outra observação importante é que como os recursos são coisas que uma empresa pode utilizar para alcançar os seus objetivos. Isto implica que as capacidades dinâmicas também fazem parte da base de recursos da empresa (HELFAT *et al.*, 2007).

### *“funções”*

Uma capacidade dinâmica cria valor ao conferir a uma empresa a habilidade de realizar uma função específica, que consiste de um conjunto de ações. Este conjunto de ações pode incluir uma ampla variedade de atividades, mas a função é específica a um objetivo claro (HELFAT *et al.*, 2007, p. 13). Dessa forma, podemos citar o desenvolvimento de um novo produto como um exemplo de função de uma empresa.

### *“vantagem competitiva”*

O fenômeno da vantagem competitiva trata da “ocorrência de níveis de performance econômica acima da média de mercado em função das estratégias adotadas pelas firmas” (VASCONCELOS e CYRINO, 2000).

Como sugere D’Adderio (2001), o conceito de capacidades dinâmicas está longe de ser uma “caixa vazia” e deve ser explorado a fim de melhorar a nossa compreensão do comportamento e do desempenho organizacional.

#### 5.2.4 Recursos dos Modelos 3D Digitais

Trabalhos anteriores apresentam dois recursos técnicos principais dos modelos 3D digitais com potencial para influenciar a criação de conhecimento e o desenvolvimento de produtos pelas empresas: visualização e simulação.

##### Visualização

Durante a concepção de um novo produto, as equipes envolvidas necessitam de uma representação visual que possa ajudá-las progressivamente a combinar e desenvolver os seus conceitos mentais em conjunto (YAP, NGWENYAMA e OSEIBRYSON, 2003). A partir da modelagem em 3D, os membros dos diferentes grupos funcionais podem visualizar um produto completo de qualquer ângulo, ao contrário de desenhos 2D, em que eles podem ver apenas imagens de perspectivas fixas dos componentes. Dessa forma, o recurso de visualização facilita a criação de conhecimento entre os membros da equipe (BABA e NOBEOKA, 1998).

##### Simulação

A principal motivação para a utilização das simulações virtuais no desenvolvimento de novos produtos tem sido o aumento da velocidade dos projetos e a redução dos seus custos. Entretanto, elas também podem estimular o desenvolvimento de produtos mais inovativos (BECKER, SALVATORE e ZIRPOLI, 2005). Neste aspecto, os modelos 3D digitais têm um papel importante, já que, sem a sua utilização, estas simulações raramente acontecem durante o desenvolvimento do produto, demandando a produção de protótipos físicos para serem testados.

Em um ambiente virtual, a simulação, do comportamento de um produto mediante diferentes tipos de esforços como térmico, tensões mecânicas e vibrações, por exemplo, podem ser realizadas através de programas de computador específicos, classificados como sistemas de Computer-Aided Engineering - CAE (Engenharia Auxiliada por Computador).

Entretanto, algumas simulações podem ser realizadas a partir de sistemas de CAD. As pré-montagens digitais, por exemplo, permitem detectar problemas de interferências na montagem dos componentes de um produto. Estas interferências

difícilmente podem ser percebidas através dos desenhos 2D, o que aconteceria apenas com protótipos físicos, que são caros e demoram a ser produzidos. Outro exemplo, da facilidade dos modelos 3D, é a simulação do funcionamento de mecanismos que permitem detectar interferências entre componentes de um produto que se movem entre si (BABA e NOBEOKA, 1998).

Com base nestas considerações, este trabalho tem como objetivo buscar evidências empíricas, através de um estudo de caso, que reforcem a utilização destes recursos e ampliem as descobertas de trabalhos anteriores sobre as contribuições dos modelos 3D digitais no processo de inovação tecnológica de uma empresa da indústria de manufatura.

## 6. METODOLOGIA

Para se atingir o objetivo proposto, este trabalho adota uma metodologia qualitativa e realiza uma pesquisa exploratória, através de um estudo de caso cujos dados são analisados por meio da técnica de análise de conteúdo, conforme as considerações a seguir.

### 6.1 Metodologia Qualitativa

Metodologia refere-se à maneira global de tratar o processo de pesquisa, da base teórica até a coleta e análise de dados e tem seu foco nas seguintes questões principais (COLLIS e HUSSEY, 2005):

- Por que determinados dados foram coletados?
- Que dados foram coletados?
- De onde os dados foram coletados?
- Quando os dados foram coletados?
- Como os dados foram utilizados?
- Como os dados serão analisados?

A metodologia qualitativa difere, em princípio, da quantitativa, por não utilizar um instrumental de modelos matemáticos como base para o processo de análise de um problema. Além de ser uma opção do investigador, justifica-se por ser uma forma adequada de entender a natureza de um fenômeno social. Pode-se afirmar, em princípio, que os estudos que empregam uma metodologia qualitativa podem descrever a complexidade de um problema, analisar a interação entre diferentes variáveis, compreender os processos dinâmicos vividos por grupos sociais e possibilitar um melhor entendimento das particularidades dos indivíduos (RICHARDSON, 2008).

## 6.2 Tipo e Estratégia de Pesquisa

As pesquisas podem ser classificadas em quatro tipos descritos a seguir (COLLIS e HUSSEY, 2005).

A pesquisa exploratória é realizada sobre um problema ou questão quando há poucos estudos anteriores nos quais se possam buscar informações sobre os mesmos. Tem como foco obter *insights* e familiaridade com a área do estudo para investigação mais rigorosa em um estágio posterior. Neste caso, a pesquisa avaliará quais teorias e conceitos existentes podem ser aplicados ao problema ou se novas teorias e conceitos devem ser desenvolvidos.

A pesquisa descritiva é aquela que descreve o comportamento dos fenômenos e é usada para identificar e obter informações sobre as características de um determinado problema ou questão. Este tipo de pesquisa tem como objetivo avaliar e descrever as características das questões pertinentes.

Em uma pesquisa analítica ou explanatória, o pesquisador vai além da descrição das características de um determinado problema ou questão, analisando e explicando por que ou como os fatos estão acontecendo. O objetivo, neste caso, é entender fenômenos, descobrindo e mensurando relações causais entre eles.

Finalmente, a pesquisa preditiva é aquela que, como sugere o seu nome, prediz a probabilidade de uma situação semelhante acontecer em outro lugar e tem como objetivo generalizar a partir da análise, prevendo certos fenômenos com base em relações gerais e hipotéticas.

Levando-se em consideração a escassez de trabalhos que abordem modelos 3D digitais e, mais ainda, que abordem a sua contribuição em um processo de inovação tecnológica, tomou-se a decisão de realizar uma pesquisa exploratória.

A escolha da estratégia de uma pesquisa deve ser feita em função de três condições que consistem “(a) no tipo de questão de pesquisa proposta, (b) na extensão de controle que o pesquisador tem sobre eventos comportamentais atuais e (c) no grau de enfoque em acontecimentos contemporâneos em oposição a acontecimentos históricos” (YIN, 2005, p. 23). O Quadro 3 apresenta essas três condições e mostra

como cada uma se relaciona com as cinco principais estratégias de pesquisa nas ciências sociais.

<b>Estratégia</b>	<b>Forma da questão de pesquisa</b>	<b>Exige controle sobre eventos comportamentais</b>	<b>Focaliza acontecimentos contemporâneos</b>
<b>Experimento</b>	como, por que	Sim	Sim
<b>Levantamento</b>	quem, o que, onde, quantos, quanto	Não	Sim
<b>Análise de arquivos</b>	quem, o que, onde, quantos, quanto	Não	Sim/Não
<b>Pesquisa histórica</b>	como, por que	Não	Não
<b>Estudo de caso</b>	como, por que	Não	Sim

Quadro 3: Situações Relevantes para Diferentes Estratégias de Pesquisa

Fonte: YIN, 2005, p. 24.

Segundo Yin (2005, p. 28), o estudo de caso possui uma vantagem distinta sobre as demais estratégias de pesquisa quando “faz-se uma questão do tipo como ou por que sobre um conjunto contemporâneo de acontecimentos, sobre o qual o pesquisador tem pouco ou nenhum controle”. Isto está alinhado com a questão deste trabalho:

“Como a utilização de modelos 3D digitais pode contribuir para o processo de inovação tecnológica de uma empresa da indústria de manufatura?”

### 6.3 Método de Coleta de Dados

A partir da autorização concedida pela empresa que aceitou participar deste estudo de caso (empresa essa caracterizada no Capítulo 7), os dados foram coletados a partir das seguintes fontes: entrevistas semi-estruturadas com os membros da equipe multifuncional envolvida no projeto, acesso a documentos internos que

registram o histórico completo do projeto, visita ao *site* corporativo da empresa na internet e observações diretas durante visitas realizadas às instalações da empresa.

As entrevistas semi-estruturadas foram realizadas de acordo com o roteiro apresentado no Apêndice, o qual sofreu ajustes na medida em que cada uma era concluída, a fim de que o roteiro em questão fosse continuamente aprimorado. No total, foram realizadas 13 entrevistas com 10 pessoas diferentes, tendo cada uma a duração média de 30 minutos, totalizando aproximadamente 6 horas de gravação. Todas as entrevistas foram gravadas e posteriormente transcritas para análise. Quando necessário, foram realizados contatos adicionais com os entrevistados, por telefone ou *e-mail*, para esclarecimentos sobre o conteúdo das entrevistas originais.

Em cada entrevista buscou-se entender a dinâmica de trabalho da equipe multifuncional, bem como as responsabilidades de cada função, a utilização e a forma de acesso de cada uma aos modelos 3D digitais e, finalmente, as opiniões sobre os benefícios proporcionados por esta tecnologia.

Por solicitação da empresa, foi firmado um Acordo de Confidencialidade, com o intuito de manter o nome da mesma, dos seus produtos e dos seus colaboradores em sigilo, razão pela qual este trabalho omite todos os nomes reais.

## 6.4 Protocolo de Pesquisa

As seguintes ações foram definidas para a condução deste trabalho:

- Conhecer o histórico e o perfil da empresa.
- Conhecer as motivações e os objetivos do projeto escolhido.
- Identificar as etapas do processo de inovação tecnológica da empresa.
- Identificar as funções envolvidas no processo de inovação tecnológica e os seus respectivos responsáveis.
- Conhecer as atribuições de cada função.
- Conhecer a frequência de contato das funções aos modelos 3D digitais.



- Identificar a forma de acesso das funções aos modelos 3D digitais.
- Identificar as aplicações dos modelos 3D digitais para cada função.
- Identificar os benefícios provenientes da utilização de modelos 3D digitais.

## 6.5 Técnica de Análise de Dados

### 6.5.1 Análise de Conteúdo

As entrevistas foram gravadas e posteriormente transcritas para exame através da técnica de análise de conteúdo, definida por Krippendorff (2004) como “uma técnica de pesquisa para fazer inferências replicáveis e válidas a partir de textos (ou outra matéria significativa) para os contextos de seus usos”. O ponto de partida da análise de conteúdo é a mensagem, seja ela verbal (oral ou escrita), gestual, silenciosa, figurativa, documental ou diretamente provocada (FRANCO, 2005).

### 6.5.2 Fases da Análise de Conteúdo

A análise de conteúdo está organizada em fases, das quais se destacam:

#### Pré-Análise

Está é a fase de organização propriamente dita, que visa a operacionalizar e sistematizar as ideias, elaborando um esquema preciso de desenvolvimento do trabalho. Entre as atividades recomendadas para esta fase, destacam-se a *leitura superficial do material*, para estabelecer contato com os documentos a serem analisados e conhecer os textos e as mensagens neles contidas, e a *escolha dos documentos* que serão submetidos aos procedimentos analíticos (RICHARDSON, 2008).

### Codificação

A base da técnica de análise de conteúdo está na pergunta de como analisar ou tratar o material, ou seja, como codificá-lo. Segundo Holsti (1969, *apud* RICHARDSON, 2008), “a codificação é um processo pelo qual os dados em bruto são sistematicamente transformados e agrupados em unidades que permitem uma descrição exata das características relevantes do conteúdo”.

### Categorização

Segundo Bardin (2009), “a categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia) com os critérios previamente definidos”. O sistema de categorias pode ser estabelecido previamente, com os elementos sendo distribuídos da melhor maneira possível entre as categorias, ou através de uma classificação progressiva dos elementos quando o sistema de categorias não é dado (RICHARDSON, 2008).

### Inferência

A inferência, ou “tipo de interpretação controlada” (BARDIN, 2009), “refere-se à operação pela qual se aceita uma proposição em virtude da sua relação com outras proposições já aceitas como verdadeiras” (RICHARDSON, 2008).

Através da inferência é possível responder às seguintes perguntas (RICHARDSON, 2008):

- O que leva a formular determinada proposição?
- Quais são as causas ou antecedentes de uma mensagem?
- Quais são os possíveis efeitos da mensagem?

### 6.5.3 Unidades de Registro e de Contexto

Definidos os objetivos da pesquisa, delineado o referencial teórico e conhecido o material a ser analisado, surgem questões como: Quais os elementos do texto a serem considerados? Como recortar o texto em elementos completos? Este é o momento em que são escolhidas as unidades de registro e de contexto.

A unidade de registro representa a menor parte do conteúdo, cuja ocorrência é registrada de acordo com as categorias levantadas (FRANCO, 2005). Para Bardin (2009), as unidades de registro correspondem a segmentos de conteúdo visando à categorização e à quantificação da informação. As unidades de registro mais utilizadas são: a palavra ou símbolo, a frase ou oração, o tema, o personagem e o documento ou item.

Uma unidade de contexto “corresponde ao segmento da mensagem, cujas dimensões (superiores às da unidade de registro) são ótimas para que se possa compreender a significação exata da unidade de registro. Esta pode, por exemplo, ser a frase para a palavra e o parágrafo para o tema” (BARDIN, 2009).

## 7. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Por meio de um acordo de confidencialidade solicitado pela empresa que permitiu a realização deste trabalho, definiu-se que os nomes desta, de suas divisões, dos seus produtos e dos seus colaboradores entrevistados fossem mantidos em sigilo utilizando-se nomes fictícios. Pelo mesmo motivo, as transcrições integrais das entrevistas realizadas não foram incluídas como apêndices deste trabalho.

### 7.1 Caracterização da Empresa

O Grupo GRAL, com sede na Europa, é um fornecedor global de tecnologia e serviços. Atuando em diversas áreas como automotiva, bens de consumo e tecnologia de construção, o grupo está presente em mais de 60 países, emprega atualmente 280.000 funcionários e em 2008 alcançou um faturamento total de 45,1 bilhões de euros. No Brasil, o Grupo GRAL iniciou suas atividades na década de 1950 e hoje tem 10 unidades fabris, com 12.000 funcionários e faturamento total de R\$ 4,7 bilhões.

A inovação tecnológica é uma característica marcante do Grupo GRAL que, em 2008, fez 3.850 pedidos de patente - dos quais aproximadamente 40% relacionados com a proteção do meio ambiente e com a preservação de recursos. Neste mesmo ano, o Grupo GRAL investiu 3,9 bilhões de euros, ou 8,6% do seu faturamento total, em pesquisa e desenvolvimento, área na qual emprega 32.600 funcionários.

Este trabalho foi desenvolvido junto à operação brasileira da Divisão de Dispositivos Elétricos do Grupo GRAL, doravante tratada por GRAL-BR. Esta divisão tem 80 unidades fabris, distribuídas em 26 países e, em 2008, alcançou um faturamento global de 3,15 bilhões de euros. Um dos seus fatores de sucesso é a sua capacidade de inovação tecnológica, que pode ser observada pelo lançamento de mais de 100 novos produtos todos os anos. Além disso, em 2008, 35% do faturamento desta divisão foi alcançado com a venda de produtos que estavam no mercado há menos de dois anos.

## 7.2 O Modelo de Processo de Inovação Tecnológica

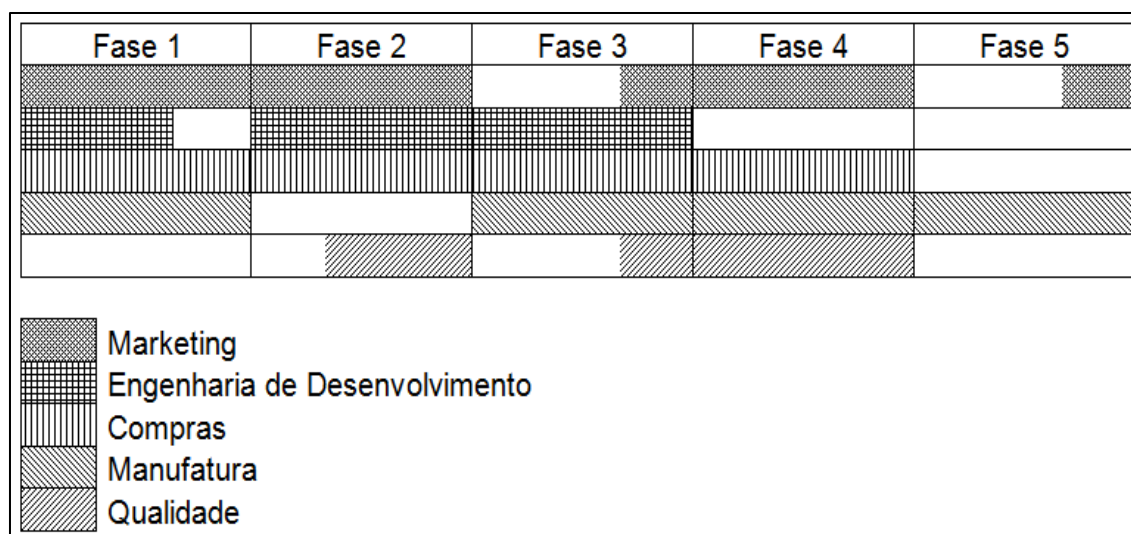
Este estudo de caso analisa o projeto do produto DISPEL4 (nome fictício), que representou a 4ª geração de uma linha específica de produtos de dispositivos elétricos da GRAL-BR e que foi totalmente desenvolvido através dos recursos de modelagem 3D digital. Seu antecessor tinha um custo elevado e, conseqüentemente, não era competitivo em termos de preço. Além disso, apresentava diversos problemas técnicos, os quais prejudicavam a imagem do produto perante o consumidor final. Como destaca o líder deste projeto:

“a nossa grande motivação era fazer uma máquina que efetivamente competisse. Queríamos ser melhores que o nosso concorrente. Então, esse foi assim o grande ponto de nós vermos ‘ok, quais são os pontos fortes do nosso concorrente, queremos ser melhores e vamos batalhar pra isso, vamos batalhar pra que isso aconteça.’ Isso foi a grande motivação. A grande motivação da empresa era: nós precisamos fazer produto realmente competitivo, e claro, os mesmos objetivos, melhor do que o nosso concorrente” (Líder de Projeto).

Com o DISPEL4, a GRAL-BR esperava recuperar a imagem junto ao consumidor, ganhar participação de mercado e aumentar a sua rentabilidade na comercialização do novo produto. Para isso a GRAL-BR buscava equacionar os problemas técnicos do produto anterior e alcançar uma redução de custo de 30%. De acordo com o engenheiro de produto que participou deste projeto:

“... nós tínhamos um produto em que nós não éramos efetivamente líderes de mercado. Havia muita distância, era o único produto que nós realmente deixávamos a desejar. O custo era alto, então a diretoria resolveu o seguinte: ‘esse produto tem que passar por algum ponto de modificação!’” (Engenheiro de Produto).

A GRAL-BR segue um modelo de processo de inovação que descreve detalhadamente todas as atividades e as responsabilidades relacionadas ao desenvolvimento de um novo produto desde a sua concepção até o seu lançamento no mercado. Tendo em vista o objetivo deste trabalho, este processo é apresentado de forma simplificada no Esquema 7, a fim de se obter uma melhor compreensão das suas principais etapas e da atuação dos membros da equipe multifuncional.



Esquema 7: Modelo Simplificado do Processo de Inovação na GRAL

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados fornecidos pela GRAL-BR

Na GRAL-BR, um novo produto nasce de uma ideia gerada, por exemplo, pela área de marketing a partir de pesquisas de mercado. A partir da nova ideia, é realizada uma análise criteriosa das características necessárias do novo produto, além das questões estratégicas e de mercado. Uma vez aprovado, o projeto tem início com a Fase 1, na qual é formada uma equipe multifuncional composta por um Líder de Projeto, nomeado por um comitê interno, e por pelo menos um representante dos seguintes departamentos: Marketing, Engenharia de Desenvolvimento, Compras, Qualidade e Manufatura.

Os participantes da equipe multifuncional do DISPEL4 resumem a seguir as suas principais atribuições neste projeto.

- Líder de Projeto

“... como líder de projeto, nós temos uma sistemática de gerenciamentos de projetos, que define claramente as responsabilidades de cada um dos integrantes do time e a função do líder de projeto é acima de tudo você agregar, ou seja, você dizer para as pessoas o que elas devem fazer, quando elas devem fazer, mostrar, fazer assim aquele *follow-up* do programa e participar ativamente do todo o projeto” (Líder de Projeto).

- Marketing

“... eu atuava como a voz do mercado dentro do projeto, então o meu contato era com consumidores e daí eu trazia esta opinião do mercado pra dentro da empresa, discutíamos isso, todos os pontos dentro de uma reunião de trabalho do projeto, dizendo pro corpo técnico o que meu usuário, meu consumidor, meu cliente esperava daquele projeto ou daquele produto” (Marketing).

- Engenheiro de Produto

“... eu era o engenheiro responsável pelo projeto [...] além do papel de desenvolver toda parte de tecnologia da máquina eu tinha que dar todo suporte para a liderança” (Engenheiro de Produto).

- Manufatura-Montagem

“... a gente tentou fazer um desenho de um produto, o mais viável possível pra viabilizar uma montagem coerente e mais barata, mais rápida, mais eficaz. Então desde o início da ideia de produto, até o final onde saiam as ferramentas propriamente ditas de montagem [...] pra fazer isso, isso é montável, isso tem uma montabilidade boa. Aí é que entra o engenheiro de processo” (Manufatura-Montagem).

- Manufatura-Plásticos

“... eu deveria apenas executar o processo de injeção das peças internamente [...] junto com isso eu acabei me envolvendo no desenvolvimento do produto por uma questão de adaptabilidade ao molde (de injeção de plástico)” (Manufatura-Plásticos).

- Compras

“... o papel principal, em poucas palavras, era conseguir fazer essa relação entre o que a nossa engenharia precisava e o que o mercado tinha para oferecer. Então colocar essas funções para conversarem [...] trazer a engenharia do meu fornecedor para conversar com o meu engenheiro do produto e eles conseguirem achar uma solução para cada função daquele produto que ele está fazendo. Essa era a interface de trabalho que eu tinha que fazer” (Compras).

- Qualidade-Fornecedores

“... a minha função seria a de desenvolver novos itens comprados. [...] Tem uma definição dessa peça a ser comprada, se ia ser produzida internamente [...] essa definição, oh, vai ser comprada de fornecedor [...] então eu, como especialista de qualidade, já tinha uma participação nessa definição, quem seriam os fornecedores mais adequados pra determinados tipos de peça” (Qualidade-Fornecedores).

- Qualidade-Projeto

“... eu tinha toda uma responsabilidade do gerenciamento da qualidade dentro do projeto” (Qualidade-Projeto).

Na Fase 1, o projeto é apresentado aos membros da equipe multifuncional e efetua-se um pré-desenvolvimento do mesmo, com o objetivo de identificar possíveis “gargalos” ou fatores impeditivos que o inviabilizem. Neste momento, algumas questões passam a ser consideradas como, por exemplo:

- Existe *know-how* de engenharia na empresa para o projeto?
- Existe *know-how* de manufatura na empresa para o projeto?
- Existem fornecedores capacitados?
- Qual é a estimativa de custo do projeto?

O resultado do trabalho de pré-desenvolvimento é então submetido para a área de Marketing decidir pelo início efetivo do projeto ou pelo seu cancelamento. Com a aprovação da área de Marketing é gerado um documento chamado “Product Concept” e o Grupo GRAL estabelece uma concorrência interna entre as suas unidades em todo o mundo, na busca daquela que tenha a competência tecnológica e o melhor custo para manufaturar o produto.

Como em todas as fases subsequentes, a Fase 1 é concluída com uma verificação detalhada de todas as atividades pela área de Qualidade e a solicitação de autorização para avançar para a próxima fase junto à Diretoria da empresa.



Com a Fase 2, inicia-se efetivamente o trabalho de engenharia, com a geração de modelos 3D digitais e de desenhos 2D do produto e dos seus componentes, geração de lista de peças e eventuais simulações. Nesta fase ocorre também a seleção dos fornecedores e todos os cuidados são tomados para garantir a futura construção do ferramental. Ao final da Fase 2, a GRAL-BR já tem definidos os fornecedores, prazos e custos além de dispor de análises detalhadas de viabilidade econômica e financeira do projeto.

A Fase 3 tem como objetivos principais a geração de um protótipo do produto e a validação funcional do mesmo em uma atividade de engenharia simultânea entre a engenharia de desenvolvimento, que detalha o produto, e a engenharia de manufatura que inicia o projeto do ferramental.

Na Fase 4 o ferramental é construído e é feita a implementação da linha de produção para, finalmente, na Fase 5, o produto entrar em produção.

### 7.3 Análise dos Resultados

Após análise das transcrições das entrevistas realizadas junto aos membros da equipe multifuncional do projeto, foram extraídas as respostas para seguintes questões:

- A sua função tinha contato com modelos 3D digitais? Com que frequência?
- Qual era a sua forma de acesso aos modelos 3D digitais?
- Quais eram as aplicações dos modelos 3D digitais para a sua função?
- Quais os benefícios proporcionados pelos modelos 3D digitais?

As respostas obtidas são apresentadas na forma de quadros e comentadas nas subseções a seguir.

### 7.3.1 Utilização dos Modelos 3D Digitais

Nesta subseção são apresentadas as respostas obtidas para a questão: A sua função tinha contato com modelos 3D digitais? Com que frequência?

Função	Respostas
Líder de Projeto	“... inúmeras vezes, a gente ia na engenharia e [...] ficava vendo as coisas e tudo mais era uma constante, isso era uma rotina” (Líder de Projeto).
Marketing	“... a princípio, não deveria me preocupar com isso; porque teriam as pessoas da engenharia ou qualidade ou planejamento que estariam mais envolvidas com este tipo de operacionalização ou manuseio...” (Marketing).
Engenharia de Produto	“... (o contato com modelos 3D digitais) era diário. Por mais de uma hora por dia, com certeza” (Engenheiro de Produto).
Manufatura-Montagem	“Minha maior interação com um modelo 3D foi na Fase 1 do projeto...” (Manufatura-Montagem).
Manufatura-Plásticos	“O trabalho era quase que diário. Por que ... tudo bem, tem o seu tempo né, deles (Projetista e Engenheiro) trabalharem pra pensarem em algumas alterações (no modelo 3D digital), o tempo de executar essas ações no sistema. Muitas vezes era um, dois, três dias e logo nós tínhamos que sentar novamente pra avaliar consequência daquilo, o que aquilo implicaria no produto, o que aquilo implicaria no molde, como que eu conseguia injetar aquela nervura que ele colocou lá no cantinho do produto...” (Manufatura-Plásticos).
Compras	“... tinha um período que a gente (Compras e Engenharia) fazia isso (consulta aos modelos 3D digitais) junto e amarrava como ia para o mercado” (Compras).
Qualidade-Fornecedores	“Na verdade, o modelo 3D (digital), eu passei a ter contato quando da discussão com os fornecedores...” (Qualidade-Fornecedores).
Qualidade-Projeto	“... como necessidade de qualidade a gente pouco usou” (Qualidade-Projeto).

Quadro 4: Contato e Frequência de Acesso aos Modelos 3D Digitais

Fonte: Elaborado pelo autor

Percebe-se que todas as funções tiveram, em algum momento, contato com os modelos 3D digitais. Entretanto, esta frequência de contato variou de acordo com a função.

Áreas de engenharia (Produto e Manufatura) mantinham uma alta intensidade de contato. Isto pode ser explicado pelo fato da Engenharia de Produto ser a responsável pela geração dos modelos 3D e da Engenharia de Manufatura ser a responsável pelo ferramental que seria desenvolvido a partir das informações contidas nos modelos 3D digitais. O Líder de Projeto também mencionou um contato rotineiro com modelos 3D, neste caso para acompanhar o andamento do projeto.

As funções de Compras e Qualidade-Fornecedores passaram a ter contato mais frequente com os modelos 3D digitais em fases mais avançadas do processo, quando as informações se tornaram necessárias para desenvolver contatos com futuros fornecedores externos.

A função de Marketing teve um contato menos intenso que as demais e o fazia para discutir assuntos específicos e acompanhar o desenvolvimento do produto.

A função de Qualidade-Projeto raramente tinha contato com os modelos 3D digitais, visto que esta função exercia um papel de auditoria do projeto, visando a garantir que todas as etapas de uma determinada fase estivessem em conformidade com os procedimentos internos da empresa e, dessa forma, permitir que o projeto avançasse para a fase seguinte.

### 7.3.2 Forma de Acesso aos Modelos 3D Digitais

Nesta subseção são apresentadas as respostas obtidas para a questão: Qual era a sua forma de acesso aos modelos 3D digitais?

Função	Respostas
Líder de Projeto	“... a gente ia até a engenharia, porque nós não tínhamos um equipamento pra ver nas nossas salas de reunião” (Líder de Projeto).
Marketing	“... através do pessoal de engenharia, que era quem mais mexia com esta tecnologia, e aí então tinha a

	informação via desenho em papel ou através do próprio sistema...” (Marketing).
Engenharia de Produto	“Sempre com o Projetista” (Engenheiro de Produto).
Manufatura-Montagem	“Eu tinha que ir até o Projetista e pedir pra ele...” (Manufatura-Montagem)
Manufatura-Plásticos	“Nós tínhamos que vir aqui, sentar com o Projetista, eles abrirem (os modelos 3D digitais) aqui...” (Manufatura-Plásticos).
Compras	“A gente fazia isso juntos. Eu e o engenheiro do produto” (Compras).
Qualidade-Fornecedores	“Na verdade, acabava trazendo (as verificações a serem feitas nos modelos 3D digitais) pra ele (Projetista) fazer pra mim” (Qualidade-Fornecedores).
Qualidade-Projeto	“Eu não tinha visualização 3D, por exemplo, na minha máquina. Só as máquinas da engenharia que tinham <i>software</i> para visualizar” (Qualidade-Projeto).

Quadro 5: Forma de Acesso aos Modelos 3D Digitais

Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados obtidos indicam claramente a necessidade dos membros da equipe multifuncional recorrem à Engenharia de Produto, na maioria das vezes na figura do Projetista responsável pela atividade de modelagem 3D, a fim de ter acesso aos modelos 3D digitais.

É importante destacar que havia apenas uma estação de trabalho com os recursos necessários para a geração de modelos 3D disponível para o projeto do DISPEL4 e, como mencionado em uma das entrevistas:

“Só as máquinas da engenharia que tinham *software* para visualizar” (Qualidade-Projeto).

Por um lado, a relação com o Projetista durante a consulta aos modelos 3D proporcionava uma vantagem: a realização de discussões para esclarecimentos e eventuais soluções de conflitos.

“... quando você tem uma ideia que o projetista não está aceitando muito, éramos obrigados a interagir...” (Engenheiro de Produto).

Por outro lado, a demanda gerada por vários membros da equipe comprometia parte do tempo do Projetista para tarefas que poderiam ser executadas, eventualmente, pelas próprias funções.

“... a cada hora aparecia um ali na mesa dele (Projetista), e a cada hora um pedindo pra ver um detalhe assim, assim, e assado. Então, para o Projetista, teria um grande ganho, ou para engenharia de desenvolvimento teria um grande ganho (no caso da função ter acesso direto aos modelos 3D digitais)” (Manufatura-Montagem).

“Se eu tivesse acesso (direto aos modelos 3D digitais) pra entrar, checar, seria mais rápido talvez, não é? São dois trabalhos. Acaba sendo. Se eu tivesse acesso acredito que melhoraria, sim” (Qualidade-Fornecedores).

Outro aspecto relevante a ser observado no projeto do DISPEL4 está no fato de que, em vários casos, os membros da equipe multifuncional representavam um grupo maior de indivíduos que não tinha acesso aos modelos 3D digitais:

“...no projeto, eu era o responsável pela engenharia de processo. Coincidentemente, eu era responsável por um pedaço do processo que era a montagem. Existem outros sub-processos [...] onde eles nunca participavam de nenhuma reunião, mas eles tinham que receber informações de mim, [...] então acontecia, às vezes: ‘você poderia ir lá no Projetista e pedir pra ele tirar o extrator como um componente externo, para aí a gente analisar?’. Posso. Eu ia lá, gerar a imagem tal, voltava com eles, então era um pouco mais trabalhoso” (Manufatura-Montagem).

### 7.3.3 Aplicações dos Modelos 3D Digitais

Nesta subseção são apresentadas as respostas obtidas para a questão: Quais eram as aplicações dos modelos 3D digitais para a sua função?

Função	Respostas
Líder de Projeto	<p>“... sempre surgem dúvidas: por que isso, por que aquilo? Muda aqui, muda lá. Com certeza esse modelamento ajuda demais.” (Líder de Projeto).</p> <p>“... isso aí (modelos 3D digitais) era uma coisa que ajudou demais, sabe, visualização...” (Líder de Projeto).</p>

Marketing	<p>“... a gente tinha, mais ou menos, uma noção de quais eram essas medidas e sabíamos ao vivo e a cores qual era a interferência de você mudar um mancal, uma bucha, um induzido. Quer dizer, eu queria mais potência, mais potência dá um motor maior e isso ia interferir diretamente no comprimento do produto e basicamente no peso dele...” (Marketing).</p>
Engenharia de Produto	<p>“... Fazer cortes onde no físico eu não consigo fazer, no 3D eu consigo fazer” (Engenheiro de Produto).</p> <p>“... você consegue trazer o fornecedor, sentar ao lado da estação e discutir os detalhes com esse fornecedor, então o que vai acontecer...” (Engenheiro de Produto).</p> <p>“... a simulação geométrica, [...] tudo isso para mim resolvia no 3D... ” (Engenheiro de Produto).</p> <p>“... você muitas vezes não consegue ver no protótipo o detalhe, que fisicamente é bem pequeno, eu consigo ir lá no 3D e dar um zoom e o que é uma nervura de 1 mm vai ficar [...] 10 cm” (Engenheiro de Produto).</p>
Manufatura-Montagem	<p>“... a gente simulava via 3D via o que acontecia, o que não acontecia, se dava encaixe, se não dava encaixe...” (Manufatura-Montagem).</p> <p>“Então, Qualidade-Projeto sentava junto com o Projetista e junto com Engenheiro pra avançar mais um pouquinho. Aí, Marketing tinha uma preocupação muito grande com a questão de estética e tudo mais e como ia ser, e questão de design, sentavam o Marketing e o Projetista juntos. Então era esse tipo de interação 3D, ele era em momentos separados fora da reunião de rotina” (Manufatura-Montagem).</p>
Manufatura-Plásticos	<p>“... a gente discutia: se você mudar a nervura assim, ou engrossar assim, eu melhora no molde...” (Manufatura-Plásticos).</p>
Compras	<p>“... com esse modelamento 3D que acontecia, o fornecedor, já antes de me fazer uma oferta, ele já me expunha todas as dúvidas, então a gente trocava essa discussão de lugar, levava ela para o lugar que, de fato, é o lugar correto, sadio, que é ele considerar, na oferta que ele faz, todas as nuances que ele tem, todos os detalhes de desenvolvimento que ele vai ter que conviver depois, durante o fornecimento” (Compras).</p>

Qualidade-Fornecedores	"... Porque o 3D, inclusive, além da peça, ela tinha o produto montado [...] Então, tem que [...] checar com o 3D se há problema na montagem, se está claro..." (Qualidade-Fornecedores).
Qualidade-Projeto	Sem resposta.

Quadro 6: Aplicações dos Modelos 3D Digitais para a Função

Fonte: Elaborado pelo autor

As respostas apresentadas no Quadro 6 fornecem os elementos para a criação de categorias e a quantificação das suas respectivas frequências de ocorrência com base nas unidades de contexto identificadas (Tabela 2).

Categoria	Unidade de Contexto	N	%
Visualização	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “ajudou demais, sabe, visualização”</li> <li>• “a gente tinha mais ou menos uma noção de quais eram essas medidas”</li> <li>• “Fazer cortes [...] no 3D eu consigo fazer”</li> <li>• “sentar ao lado da estação e discutir os detalhes”</li> <li>• “eu consigo ir lá no 3D e dar um zoom e o que é uma nervura de 1 mm vai ficar [...] 10 cm”</li> <li>• “Marketing tinha uma preocupação muito grande com a questão de estética”</li> <li>• “considerar, na oferta que ele faz, todas as nuances que ele tem, todos os detalhes de desenvolvimento”</li> </ul>	7	46,7
Simulação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “muda aqui, muda lá”</li> <li>• “sabíamos ao vivo e a cores qual era a interferência de você mudar um mancal, uma bucha, um induzido”</li> <li>• “nós temos que mexer aqui nessa medida”</li> <li>• “sentar ao lado da estação [...] com esse fornecedor, então o que vai acontecer”</li> <li>• “a simulação geométrica, [...] tudo isso para mim resolvia no 3D”</li> <li>• “a gente simulava via 3D, via o que acontecia”</li> <li>• “a gente discutia se você mudasse a</li> </ul>	8	53,3

	nervura assim, ou engrossar assim eu melhora no molde”		
	• “checar com o 3D se há problema na montagem”		
	TOTAL	15	100

Tabela 2: Distribuição das Aplicações dos Modelos 3D Digitais Explicitadas

Fonte: Elaborado pelo autor

Notas:

1. A coluna N representa o número de ocorrências de uma categoria através da contagem das unidades de contexto identificadas.
2. A coluna % indica a frequência percentual de ocorrências de uma categoria através das unidades de contexto (as percentagens são calculadas a partir do total de aplicações explicitadas e não a partir do número de pessoas entrevistadas).

A análise da Tabela 2 indica que a utilização dos modelos 3D digitais esteve relacionada aos recursos de simulações dos modelos (53,3%) e à troca de informações, através do recurso de visualização (46,7%), entre os membros da equipe e, em alguns casos, entre estes e os fornecedores da GRAL-BR - o que reforça a percepção de que os modelos 3D digitais podem ser classificados como *boundary objects* (STAR e GRIESEMER, 1989). Estes números também reforçam conclusões de trabalhos anteriores, conforme discutido na seção 5.2.4.

#### 7.3.4 Benefícios dos Modelos 3D Digitais

Nesta subseção são apresentadas as respostas obtidas para a questão: Quais os benefícios proporcionados pelos modelos 3D digitais?

Função	Respostas
Líder de Projeto	“... realmente isso aí (modelos 3D digitais) era uma coisa que era um ganho de tempo e de entendimento muito mais fácil” (Líder de Projeto).
Marketing	“Para o projeto em si, com certeza deu muito mais flexibilidade, muito mais ganho de tempo...” (Marketing). “Melhorou sem dúvida a compreensão, a visibilidade, o tato, no sentido de feeling não é, de você ter alguma coisa mais próxima da realidade em frente



	aos seus olhos, sem dúvida alguma..." (Marketing).
Engenharia de Produto	<p>"Ele (modelo 3D digital) vira aquele meio de troca e de agregação do conhecimento. Não só do engenheiro, muitas vezes vem uma pessoa de marketing aqui pra trocar uma ideia [...] Você traz o engenheiro de processo, mostra pra ele, explica, vê se consegue desmontar o produto literalmente desmontado, olhar em detalhes" (Engenheiro de Produto).</p> <p>"... outro fantástico do 3D é que ele viabiliza a prototipagem rápida, ou seja, eu consigo chegar muito rápido no modelo físico, construir esse modelo físico, para fazer ou verificação ou validação com fidelidade geométrica" (Engenheiro de Produto).</p> <p>"... o que se reduziu de custo ferramental, porque [...] o fornecedor fez alguma sugestão que simplificava absolutamente o ferramental sem impacto funcional no produto..." (Engenheiro de Produto).</p> <p>"nós, os desenvolvedores, conseguíamos deixar explícito para o fornecedor o entendimento do que é aquele componente, o que ele faz e onde está naquele produto..." (Engenheiro de Produto).</p>
Manufatura-Montagem	<p>"... o ambiente de simulação ficou muito mais produtivo. Muito mais produtivo. Sem o 3D, eu tive um projeto antes sem o 3D, não existia possibilidade de simulação, então a discussão que houve sobre certos problemas não teria havido" (Manufatura-Montagem).</p> <p>"... era muito mais fácil a compreensão do que a gente tava falando, do que era esperado, do que não era esperado..." (Manufatura-Montagem).</p>
Manufatura-Plásticos	<p>"... foi a quebra de paradigma enorme em toda a cadeia envolvida. Inclusive até da nossa ferramentaria atual interna que foi quem fez o molde naquela ocasião pra nós. Acostumados ainda em alguns casos por prancheta, de repente se vê na necessidade de se fazer uma análise mais profunda do modelo 3D. Converter esse modelo para a linguagem que eles utilizam lá, buscar enxergar no modelo 3D onde vou fazer os ângulos de saída e em que medida isso vai ficar baseado na contração do material que vou usar pra injetar ..." (Manufatura-Plásticos).</p>
Compras	<p>"... de maneira prática ela (tecnologia de modelos 3D digitais) agiliza muito as coisas pra mim porque eu comparo que antes o fornecedor não conseguia</p>

	claramente, ou rapidamente, entender as nuances do produto, não conseguia” (Compras). “O maior benefício pra mim foi a interação de processos. Essa dificuldade de visualizar o negócio no começo, visualizar o que um engenheiro de produto tem na cabeça para o fornecedor, ela me gera muitos <i>loopings</i> no processo, e isso sobrecarrega a atividade do engenheiro de compras ...” (Compras).
Qualidade-Fornecedores	“... (o modelo 3D digital) facilita muito a troca de informações, fornecedor-engenharia...” (Qualidade-Fornecedores).
Qualidade-Projeto	Sem resposta.

Quadro 7: Benefícios Proporcionados pelos Modelos 3D Digitais

Fonte: Elaborado pelo autor

As respostas apresentadas no Quadro 7 fornecem os elementos para a criação de categorias e a quantificação das suas respectivas frequências de ocorrência, com base nas unidades de contexto identificadas (Tabela 3).

Categoria	Unidade de Contexto	N	%
Redução de Prazos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “era um ganho de tempo”</li> <li>• “muito mais ganho de tempo”</li> <li>• “outro fantástico do 3D é que [...] eu consigo chegar muito rápido no modelo físico”</li> <li>• “Muito mais produtivo”</li> <li>• “de maneira prática ela (tecnologia de modelos 3D digitais) agiliza muito as coisas pra mim”</li> </ul>	5	33,3
Compreensão	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “entendimento muito mais fácil”</li> <li>• “Melhorou sem dúvida a compreensão”</li> <li>• “conseguíamos deixar explícito para o fornecedor o entendimento do que é aquele componente”</li> <li>• “era muito mais fácil a compreensão do que a gente tava falando”</li> <li>• “Converter esse modelo pra linguagem que eles utilizam”</li> </ul>	6	40,0

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “antes o fornecedor não conseguia claramente, ou rapidamente, entender as nuances do produto”</li> </ul>		
Conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Ele (modelo 3D digital) vira aquele meio de troca e de agregação do conhecimento.”</li> </ul>	1	6,7
Redução de Custos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “o que se reduziu de custo ferramental”</li> </ul>	1	6,7
Integração	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “O maior benefício pra mim foi a interação de processos”</li> <li>• “(o modelo 3D digital) facilita muito a troca de informações, fornecedor–engenharia”</li> </ul>	2	13,3
	TOTAL	15	100

Tabela 3: Distribuição dos Benefícios dos Modelos 3D Digitais Explicitados

Fonte: Elaborado pelo autor

Notas:

1. A coluna N representa o número de ocorrências de uma categoria através da contagem das unidades de contexto identificadas.
2. A coluna % indica a frequência percentual de ocorrências de uma categoria através das unidades de contexto (as percentagens são calculadas a partir do total de aplicações explicitadas e não a partir do número de pessoas entrevistadas).

A análise dos dados apresentados na Tabela 3 permite identificar alguns benefícios:

#### “Redução de Prazos” e “Redução de Custos”

Os benefícios “redução de prazos” e “redução de custos” estão historicamente relacionados com a utilização de sistemas CAD desde o seu início, quando ofereciam recursos básicos para a geração de desenhos 2D, até os dias atuais com os seus recursos mais sofisticados para a criação de protótipos digitais em 3D. Trabalhos como os de Groover (2001) e de Tan e Vonderembse (2006) confirmam estes benefícios analisando o impacto dos modelos 3D digitais nas atividades dos projetistas. Neste aspecto, o presente trabalho amplia tais descobertas já que apresenta indícios de que a redução de prazos e a redução de custos não se restringem às funções mais técnicas, como as Engenharias de Produto e de Manufatura, mas se manifestam também em outros grupos funcionais.

Para a área de marketing, estes benefícios são alcançados na medida em que os modelos 3D facilitam a compreensão do produto em desenvolvimento e permite que decisões importantes sejam tomadas mais rapidamente.

Áreas como Qualidade-Fornecedores e Compras também alcançam melhores desempenhos nas suas atividades já que a troca de informações, proporcionada pelos modelos 3D digitais, facilita e abrevia as discussões com os seus fornecedores externos na busca de consenso sobre as características do produto que devem ser atendidas.

### “Conhecimento”

Alguns autores (BABA e NOBEOKA, 1998; YAP, NGWENYAMA e OSEI-BRYSON, 2003; BAXTER e BERENTE, 2007; VACCARO, VELOSO e BRUSONI, 2009) analisaram o impacto dos modelos 3D digitais no processo de criação de conhecimento organizacional sugerindo que eles facilitam a interação entre os indivíduos e aumentam o nível de sua colaboração permitindo, por exemplo, que diferentes funções negociem *trade-offs* entre si. Este trabalho identificou claramente este tipo de situação como se observa no seguinte depoimento:

“Quer dizer, eu queria mais potência, mais potência dá um motor maior e isso ia interferir diretamente no comprimento do produto e basicamente no peso dele...”  
(Marketing).

Os modelos 3D digitais também facilitam a criação de conhecimento já que permitem ao projetista representar de forma clara as suas abstrações mentais do produto em sua fase conceitual compartilhando as suas ideias com as demais funções (YAP, NGWENYAMA e OSEI-BRYSON, 2003). Este cenário também foi identificado neste trabalho:

“... você consegue materializar entre aspas uma ideia, conceitos, um conhecimento que está na mente nós conseguimos trabalhar, materializar isso...” (Engenharia de Produto).

### “Integração”

Os modelos 3D digitais facilitam a criação de um ambiente de engenharia simultânea e proporcionam uma integração maior entre os membros de diferentes grupos funcionais e destes com os fornecedores externos da empresa. Como consequência, a empresa cria condições para melhorar o seu desempenho no desenvolvimento de novos produtos (TAN e VONDEREMBSE, 2006). Este trabalho apresenta, por meio de vários depoimentos já apresentados, evidências empíricas que confirmam esta conclusão. É importante destacar que o desenvolvimento de um ambiente de engenharia simultânea depende também de outros fatores como, por exemplo, uma clara orientação de nível gerencial:

“... por que a gente sempre tenta fazer engenharia simultânea, fazer o quanto antes...”  
(Líder de Projeto).

### “Compreensão”

Neste trabalho emerge, de forma bastante significativa, o benefício “Compreensão”, que estimula o ambiente colaborativo e atua como um facilitador para a solução de conflitos e a tomada de decisões. Uma possível explicação para isto está relacionada ao fato de que, ao contrário da grande maioria dos trabalhos já citados, o presente estudo não restringe as suas observações ao ambiente das Engenharias, ampliando o seu escopo de análise a outras áreas como Marketing, Compras e Qualidade, por exemplo. O perfil heterogêneo, em vários casos menos técnico, dos membros de uma equipe multifuncional pode ser uma das justificativas pelas quais este benefício se destacou nas entrevistas realizadas.

Finalmente, as evidências obtidas neste trabalho também sugerem que a GRAL-BR desenvolveu capacidades dinâmicas conforme o conceito proposto na subseção 5.2.3:

*Uma capacidade dinâmica é caracterizada pela intencionalidade e repetitividade com as quais uma empresa identifica oportunidades ou ameaças de mudança e*

*altera a sua base de recursos, através de processos que devem aprimorar funções selecionadas, a fim de obter vantagem competitiva.*

Com uma intenção claramente definida, a partir de uma ameaça de mercado, a GRAL-BR atuou diretamente sobre a sua base de recursos, da qual os modelos 3D digitais tiveram destaque, e aprimorou as funções da equipe multifuncional a fim de obter vantagem competitiva sobre o seu principal concorrente. Este aprimoramento pôde ser constatado por meio dos benefícios identificados: “redução de prazos”, “redução de custos”, “conhecimento”, “integração” e, em especial, “compreensão” que se tornou um facilitador para a solução de conflitos e a tomada de decisões

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo buscar evidências empíricas para reforçar e ampliar as descobertas de trabalhos anteriores sobre as contribuições dos modelos 3D digitais no processo de inovação tecnológica de uma empresa da indústria de manufatura e acredita-se que as análises realizadas na seção 7.3 fornecem indícios de que isto foi alcançado.

### 8.1 Contribuições e Implicações para a Prática

As evidências obtidas neste estudo de caso reforçam descobertas de estudos anteriores:

- Os modelos 3D digitais podem se tornar referências às quais os diferentes grupos funcionais podem recorrer para conversações durante o desenvolvimento de um produto (BABA e NOBEOKA, 1998);
- A utilização das simulações com modelos 3D digitais no desenvolvimento de novos produtos tem proporcionado o aumento da velocidade dos projetos e a redução dos seus custos. Entretanto, elas também podem estimular o desenvolvimento de produtos mais inovativos (BECKER, SALVATORE e ZIRPOLI, 2005);
- Os modelos 3D estimulam a criação do conhecimento nas empresas (BABA e NOBEOKA, 1998; YAP, NGWENYAMA e OSEI-BRYSON, 2003; BAXTER e BERENTE, 2007; VACCARO, VELOSO e BRUSONI, 2009);
- Os modelos 3D proporcionam uma integração horizontal e vertical dentro das empresas, atuando como uma linguagem comum entre diversas áreas como engenharia de produto, P&D, marketing, manufatura e compras (TAN e VONDEREMBSE, 2006) e

Este trabalho contribui para o meio acadêmico não apenas pelas evidências empíricas que reforçam conclusões de trabalhos anteriores, conforme já

mencionado, mas também por apresentar indícios de uma contribuição não explorada da utilização dos modelos 3D digitais pelos membros de uma equipe multifuncional ao longo de um processo de inovação tecnológica: o benefício da compreensão que estimula o ambiente colaborativo e atua como um facilitador para a solução de conflitos e a tomada de decisões.

Para o meio empresarial, este trabalho fornece exemplos práticos aos usuários atuais e futuros de modelos 3D digitais que poderão inspirar melhorias nos seus processos de inovação tecnológica e orientar os seus investimentos nesta tecnologia. Os mesmos exemplos fornecem subsídios para que as empresas fabricantes destas tecnologias possam desenvolver novas aplicações e implementar melhorias nos seus produtos.

Com base no que foi exposto, este trabalho sugere que as contribuições dos modelos 3D digitais, para a indústria de manufatura, não ficam restritas às áreas de Engenharia fazendo com que o impacto desta tecnologia seja percebido por outros grupos funcionais.

## 8.2 Limitações Metodológicas

Este trabalho deve ser analisado considerando as limitações da sua natureza exploratória, bem como por outras apresentadas a seguir.

- Por ter sido desenvolvido por um único pesquisador, há o risco de algumas interpretações terem sido distorcidas pelas percepções do mesmo sobre os assuntos estudados.
- O projeto estudado foi concluído em 2005, o que pode ter causado omissões, por esquecimento, de fatos importantes por parte dos entrevistados. Esta percepção é reforçada por meio de alguns depoimentos:

“... já faz um bom tempo, então tem coisas assim que eu já esqueci” (Líder de Projeto).

“... eu já não lembro em detalhes” (Compras).



- Apesar da diversidade de funções contempladas neste trabalho, as entrevistas foram realizadas com um número reduzido de pessoas (dez).
- Dois participantes da equipe multifuncional não foram entrevistados (um desligou-se da empresa e outro foi transferido para uma unidade do grupo localizada em outro Estado).
- Analisou-se apenas uma empresa, o que impossibilita a comparação dos resultados obtidos com outros cenários e a generalização dos mesmos.
- A empresa estudada pertence a um setor específico da indústria de manufatura cujas características podem influenciar os resultados.
- Os modelos 3D foram gerados em uma única estação de trabalho por apenas um projetista, o que impossibilitou a análise em um ambiente mais complexo.
- A dificuldade de acesso aos modelos 3D, descrita na subseção 7.3.2, pode ter inibido a utilização plena dos mesmos e omitido, dessa forma, outras contribuições para o processo de inovação tecnológica da empresa como se percebe no seguinte depoimento:

“... Na maioria (das vezes), a gente usou nessa fase os próprios desenhos 2D que o 3D gerava [...]. Eu acho que, pela facilidade de não depender do projetista, [...] quer dizer, eu consigo abrir o desenho 2D e colocar na mesa e rabiscar, não é? “Começo a rabiscar e começo analisar contra o 3D, que tem uma dificuldade de ter que depender do projetista ...” (Qualidade-Projeto).

### 8.3 Sugestões para Estudos Futuros

A partir das suas contribuições e das suas limitações, este trabalho abre possibilidades para novas investigações como, por exemplo:

- Estudo múltiplo de casos que permita comparar a utilização de modelos 3D digitais entre empresas de diferentes setores da indústria de manufatura e com diferentes modelos de processo de inovação tecnológica;

- Estudo de projeto envolvendo múltiplas estações de trabalho que utilizem de modelos 3D digitais simultaneamente;
- Estudo que analise os efeitos gerados a partir de um ambiente no qual as funções tenham autonomia para realizar consultas aos modelos 3D digitais.

## 9. REFERÊNCIAS

BABA, Y.; NOBEOKA, K. Towards knowledge-based product development: The 3-D CAD model of knowledge creation. *Research Policy* [S.l.], v. 26, n. 6, p. 643, 1998.

BARBIERI, J. C.; ÁLVARES, A. C. T. Inovações nas Organizações Empresariais. In: *Organizações Inovadoras: Estudos e Casos Brasileiros*, 2003. Cap.2.

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. 5<sup>a</sup>. ed. Lisboa: Edições 70, 2009.

BAXTER, R.; BERENTE, N. Embedding New IT Artifacts into Design Practice for Knowledge Creation. In: Hawaii International Conference on System Sciences. 2007.

BECKER, M. C. *et al.* The impact of virtual simulation tools on problem-solving and new product development organization. *Research Policy* [S.l.], v. 34, n. 9, p. 1305-1321, 2005.

BOLAND, J. R. J. *et al.* Wakes of Innovation in Project Networks: The Case of Digital 3-D Representations in Architecture, Engineering, and Construction. *Organization Science* [S.l.], v. 18, n. 4, p. 631-647, 2007.

CARLILE, P. R. A Pragmatic View of Knowledge and Boundaries: Boundary Objects in New Product Development. *Organization Science* [S.l.], v. 13, n. 4, p. 442-455, 2002.

COLLIS, J.; HUSSEY, R. *Pesquisa em Administração: Um Guia Prático para Alunos de Graduação e Pós-Graduação*. 2. ed.: Bookman, 2005.

COSTA, A. B. D. O desenvolvimento econômico na visão de Joseph Schumpeter. *Cadernos IHU Ideias* [S.l.], n. 47, 2006.

D'ADDERIO, L. Crafting the virtual prototype: how firms integrate knowledge and capabilities across organisational boundaries. *Research Policy* [S.I.], v. 30, n. 9, p. 1410, 2001.

DODGSON, M. *et al.* The Impact of Modelling and Simulation Technology on Engineering Problem Solving. *Technology Analysis & Strategic Management* [S.I.], v. 19, n. 4, p. 471-489, 2007a.

\_\_\_\_\_. "In Case of Fire, Please Use the Elevator": Simulation Technology and Organization in Fire Engineering. *Organization Science* [S.I.], v. 18, n. 5, p. 849-864, 2007b.

DOSI, G. *et al.* *The Nature & Dynamics of Organizational Capabilities*. Oxford University Press, 2000.

EISENHARDT, K. M.; MARTIN, J. A. Dynamic Capabilities: What are They? *Strategic Management Journal* [S.I.], v. 21, n. 10/11, p. 1105, 2000.

FRANCO, M. L. P. B. *Análise do Conteúdo*. 2<sup>a</sup>. ed.: Liber Livro Editora, 2005.

FREEMAN, C.; SOETE, L. *A Economia da Inovação Industrial*. Campinas: Editora da UNICAMP, 2008.

GROOVER, M. P. *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. Prentice-Hall Inc., 2001.

HELFAT, C. E. *et al.* *Dynamic Capabilities: Understanding Strategic Change in Organizations*. Wiley-Blackwell, 2007.

HENDERSON, K. Flexible sketches and inflexible data bases: Visual. *Science, Technology & Human Values* [S.I.], v. 16, n. 4, p. 448, 1991.

KLINE, S. J. Innovation is not a Liner Process. *Research Management* [S.I.], v. 28, n. 4, p. 36-45, 1978.

KRIPPENDORFF, K. *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology*. 2nd. ed.: Sage Publications, Inc., 2004.

NEGRI, J. A. D. *et al.* Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras. In: *Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras*. Brasília, 2005. Cap.1.

O.E.C.D. *Manual de Oslo: Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica*. FINEP, 2004. Disponível em:<[http://www.finep.gov.br/imprensa/sala\\_imprensa/manual\\_de\\_oslo.pdf](http://www.finep.gov.br/imprensa/sala_imprensa/manual_de_oslo.pdf)>. Acesso em: 20 mai. 2009.

RICHARDSON, R. J. *Pesquisa Social: Métodos e Técnicas*. 3ª. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

ROTHWELL, R. Towards the Fifth-generation Innovation Process. *International Marketing Review* [S.I.], v. 11, n. 1, p. 7, 1994.

SCHUMPETER, J. A. *Capitalismo, Socialismo e Democracia (1942)*. Zahar Editores, 1984.

\_\_\_\_\_. *Teoria do Desenvolvimento Econômico (1911)*. 2. ed.: Nova Cultural, 1985.

STAR, S. L.; GRIESEMER, J. R. Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. *Social Studies of Science (Sage)* [S.I.], v. 19, n. 3, p. 387-420, 1989.

SUBRAHMANIAN, E. *et al.* Boundary Objects and Prototypes at the Interfaces of Engineering Design. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)* [S.I.], v. 12, p. 185-203, 2003.

TAN, C. L.; VONDEREMBSE, M. A. Mediating effects of computer-aided design usage: From concurrent engineering to product development performance. *Journal of Operations Management* [S.l.], v. 24, n. 5, p. 494-510, 2006.

TEECE, D. J. *et al.* Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal* [S.l.], v. 18, n. 7, p. 509-533, 1997.

TIDD, J. *et al.* *Gestão da Inovação*. 3. ed.: Bookman, 2008.

TIGRE, P. B. *Gestão da Inovação - A Economia da Tecnologia no Brasil*. São Paulo: Elsevier Editora, 2006.

VACCARO, A. *et al.* The impact of virtual technologies on knowledge-based processes: An empirical study. *Research Policy* [S.l.], v. 38, n. 8, p. 1278-1287, 2009.

VASCONCELOS, F. C.; CYRINO, Á. B. Vantagem Competitiva: os modelos teóricos atuais e a convergência entre estratégia e teoria organizacional. *RAE - Revista de Administração de Empresas* [S.l.], v. 4, n. 4, p. 20-37, 2000.

WINTER, S. G. Understanding Dynamic Capabilities. *Strategic Management Journal* [S.l.], v. 24, n. 10, p. 991-995, 2003.

YAP, A. Y. *et al.* Leveraging knowledge representation, usage, and interpretation to help reengineer the product development life cycle: visual computing and the tacit dimensions of product development. *Computers in Industry* [S.l.], v. 51, n. 1, p. 89, 2003.

YIN, R. K. *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. 3. ed.: Bookman, 2005.

ZOLLO, M.; WINTER, S. G. Deliberate Learning and the Evolution of Dynamic Capabilities. *Organization Science* [S.l.], v. 13, n. 3, p. 339-351, 2002.

## 10. APÊNDICE

### Roteiro de Entrevista

- Qual a função exercida no projeto?
- Como era a dinâmica de trabalho da equipe multifuncional?
- Qual era a frequência de uso/acesso aos modelos 3D ao longo do processo
- Qual era a forma de acesso e de interação com o modelo 3D?
- Que benefícios o modelo 3D trouxe para a sua função?
- Qual a ordem de importância atribuída aos benefícios do uso modelo 3D?