

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

Proposta ontológica para suporte ao projeto de produtos plásticos rotacionais de paredes finas.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientador: Prof. Osiris Canciglieri Júnior, Ph.D.

Curitiba, Agosto de 2009

JÚNIOR SOUZA RIBEIRO

Proposta ontológica para suporte ao projeto de produtos plásticos rotacionais de paredes finas.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientador: Prof. Osiris Canciglieri Júnior, Ph.D.

Curitiba, Agosto de 2009

**Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
de Produção e Sistemas**

TERMO DE APROVAÇÃO

JÚNIOR SOUZA RIBEIRO

**Proposta ontológica para suporte ao projeto de
produtos plásticos rotacionais de paredes finas.**

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção de grau de Mestre no Curso de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, pela seguinte banca examinadora.

Prof. Osiris Canciglieri Júnior, Ph. D. (PPGEPS – PUCPR)
Orientador

Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza (UNESP-Guaratinguetá)
Membro Externo

Prof. Dr. João Antônio Palma Setti (PPGTS – PUCPR)
Membro Externo

Curitiba, Agosto de 2009

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, com amor, admiração e gratidão pela incansável atenção e incentivo ao estudo, por todo apoio ao longo do período da vida, na elaboração deste trabalho e por sempre estarem, apesar de distantes, apoiando quando necessário.

AGRADECIMENTOS

O trabalho de Mestrado constitui um eminente desafio que obriga o aluno a uma profunda dedicação. Na reta final do trabalho, dedico umas palavras a pessoa, que contribuiu para eu alcançar este desígnio.

Primeiramente a Deus, pois sem a presença dele a realização deste trabalho não seria possível.

Na seção acadêmica, quero agradecer ao meu orientador, o Professor Osiris Canciglieri Júnior, pelo incentivo, acompanhamento, aconselhamento e disponibilidade para as discussões sobre a evolução do trabalho.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A competitividade global desafia a indústria de transformação a trazer para o mercado novos produtos fabricados a preços competitivos, no mais curto prazo de entrega possível. Para alcançar isso, são necessárias entradas de especialistas bem como uma multidão de disciplinas assim como de clientes e fornecedores. Todo projeto deve ser bem orquestrado e integrado o que levou à evolução da filosofia Engenharia Simultânea onde as decisões sobre os diferentes aspectos relacionados ao ciclo de vida do produto, devem ser consideradas simultaneamente. Enquanto o uso das equipes de projeto está alcançando alguns sucessos existe a necessidade de ferramentas com softwares modernos que possam dar apoio aos processos e ser melhorados radicalmente.

Tipicamente, projetos para sistemas de softwares para fabricação fornecem suporte para um simples processo, a exemplo disso é projeto para montagem, projetos para máquinas e projetos para acessórios. No entanto, quando uma largura completa é considerada para um projeto de manufatura tem muitos aspectos que devem ser endereçados. Isso leva à necessidade de sistemas de informações para poder apoiar múltiplos pareceres de um produto, onde cada domínio fornece a representação apropriada para apoiar ao menos a perspectiva de fabricação. Esta pesquisa tem o foco em uma proposta ontológica para suporte ao projeto de produtos plásticos rotacionais de paredes finas explorando em particular os domínios de moldabilidade e domínio do projeto do inserto da cavidade do molde.

Palavras-chave: Engenharia Simultânea, Ontologia, Domínio da Moldabilidade, Inserto da Cavidade do molde, DFM, DFA.

ABSTRACT

Global competitiveness challenges manufacturing industry to bring to market well designed and manufactured new products at competitive prices, in as short a lead time as possible. To achieve this, inputs are needed from experts in a multitude of disciplines as well as from customers and suppliers. The overall design must be well orchestrated and integrated which has led to the evolution of the philosophy of Simultaneous Engineering where the decisions about different aspects related to the product's life cycle, must be considered simultaneously. While the use of design teams is achieving some success there is a need for modern software tools which support the design process to be radically improved. Typically design for manufacture software systems provide only support for a single process e.g. design for assembly, design for machining and design for fixturing. However, when the full breadth of design for manufacture is considered there are many aspects that must be addressed. This leads to the need for information systems to be able to support multiple domain of a product, where each view provides the appropriate representation to support at least one manufacturing perspective. This research has investigated the potential of product model based systems to support multiple viewpoints in Design for Manufacture. This research has the focus in a proposal ontologies for support to the project of rotational plastic products of thin walls exploring in private the domains of mouldability and domain of the project of the insert of the cavity of the mold.

Keywords: *Simultaneous Engineering, Ontology, Mouldability Domain, Cavity Insert, Design for Manufacturing, Design for Assembly.*

LISTA DE SIGLAS

ERP Enterprise Resources Planning
PLM Product Lifecycle Management
CRM Customer Relationship Management
ISSO International Organization for Standardization
SMI Stanford Medical Informatics
SLS Sinterização Seletiva de Laser
DFMA Design for Manufacturing and Assembly
PSL Process Specification Language
CML Conceptual Modelling Language
HTML Hyper Text Markup Language
OWL Web Ontology Language
KIF Knowledge Interchange Format
RDF Resource Description Framework
W3C World Wide Web Consortium
OIL Ontology Inference Layer
DAML+OIL DARPA Agent Markup Language + Ontology Inference Layer
DARPA Defense Advanced Research Projects Agency
DFM Design for Manufacturing
DFA Design for Assembly
PDCA "Plan-Do-Check-Act"
ES Engenharia Simultânea
IDA Institute for Defense Analysis
CAD Computed Aided Design
CIM Computed Integrated Manufacturing
TQM Total Quality Management
FMEA Failure Mode and Effects Analysis
CAE Computer Aided Engineering

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - METODOLOGIA DA PESQUISA	16
TABELA 2.1 - MENSURAÇÃO DA VELOCIDADE EVOLUTIVA DO SETOR	46
FIGURA 2.1 - FLUXO TÍPICO DA ENGENHARIA SEQUÊNCIAL	51
FIGURA 2.2 - FLUXO TÍPICO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA	52
FIGURA 2.3 - PROGRESSÃO ENGENHARIA SIMULTÂNEA.....	53
FIGURA 2.4 - ENGENHARIA SIMULTÂNEA.....	54
FIGURA 2.5 - ENCADEAMENTO DE EVIDÊNCIAS.....	58
FIGURA 3.1 - MODELO CONCEITUAL GENÉRICO.....	61
FIGURA 3.2 - ESTRUTURA DO DOMÍNIO DO PROJETO DA PEÇA PLÁSTICA (MOLDABILIDADE).....	63
FIGURA 3.3 - EXEMPLO DA ESTRUTURA DO DOMÍNIO DO PROJETO DA PEÇA PLÁSTICA (MOLDABILIDADE).....	64
FIGURA 3.4 - ESTRUTURA DO DOMÍNIO DO PROJETO DO INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE.....	65
FIGURA 3.5 - EXEMPLO DA ESTRUTURA DO DOMÍNIO DO PROJETO DO INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE.....	65
FIGURA 3.6 - TAXONOMIA DA MOLDABILIDADE PARA PRODUTOS ROTACIONAIS.....	66
FIGURA 3.7 - MODELO CONCEITUAL DO PROJETO.....	67
FIGURA 4.1 - DOMÍNIO DA MOLDABILIDADE PROTEGE.....	70
FIGURA 4.2 - ESTRUTURA DA MOLDABILIDADE ROTACIONAL.....	71
FIGURA 4.3 - ESTRUTURA DA MOLDABILIDADE ROTACIONAL.....	73
FIGURA 4.4 - HIERARQUIA DA MOLDABILIDADE ROTACIONAL.....	74
FIGURA 4.5 - RELACIONAMENTO ENTRE “FEATURE” PRIMÁRIA ROTACIONAL E “FEATURE” DE MODIFICAÇÃO ROTACIONAL.....	75
FIGURA 4.6 - RELACIONAMENTO ENTRE “FEATURES” PRIMÁRIA ROTACIONAL E ROTACIONAL GATE “FEATURES”.....	76
FIGURA 4.7 - DOMÍNIO ONTOLÓGICO DO PROJETO DO INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE PROTEGE.....	77
FIGURA 4.8 - PRIMEIRO NÍVEL DE CONVERSÃO DA CAVIDADE ROTACIONAL.....	79
FIGURA 4.9 - “FEATURE” DA MOLDABILIDADE DE MODIFICAÇÃO ROTACIONAL E CONVERSÃO DO MECANISMO PARA CAVIDADE ROTACIONAL.....	80
FIGURA 4.10 - MECANISMO DE CONVERSÃO DO REFORÇO ROTACIONAL.....	81
FIGURA 4.11 - MECANISMO DE CONVERSÃO ROTACIONAL DO FURO.....	82
FIGURA 4.12 - MECANISMO DE CONVERSÃO DO GATE DO FURO ROTACIONAL.....	84
FIGURA 5.1 - REPRESENTAÇÃO DA PARTE DE PLÁSTICO ROTACIONAL.....	85
FIGURA 5.2 - DIÁLOGO DA CONVERSÃO DA MOLDABILIDADE ROTACIONAL PARA DENTRO DO INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE.....	87
FIGURA 5.3 - DIÁLOGO PARA CONVERSÃO DA “FEATURE” DE MOLDABILIDADE DE MODIFICAÇÃO ROTACIONAL E GATE “FEATURES”.....	88
FIGURA 5.4 - INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE.....	89
FIGURA 5.5 - INSERTO DA CAVIDADE ROTACIONAL E SUAS RESPECTIVAS CLASSES – LINHA RETA DA CAVIDADE.....	90
FIGURA 5.6 - INSERTO DA CAVIDADE ROTACIONAL E SUAS RESPECTIVAS CLASSES – LINHA RETA DA CAVIDADE EXTERNA.....	91

FIGURA 5.7 - DIÁLOGO PARA CONVERSÃO ROTACIONAL DA “*FEATURE*” DO DOMÍNIO DA CAVIDADE.....92

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA....	iv
AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE SIGLAS	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	13
1.1 CONTEXTO	13
1.2 MOTIVAÇÃO	14
1.3 JUSTIFICATIVA	15
1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA	16
1.5 JUSTIFICATIVA DA METODOLOGIA CIENTÍFICA APLICADA À PESQUISA (ESTUDO DE CASO)	17
1.6 OBJETIVOS	18
1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	18
CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1 ONTOLOGIAS	20
2.2 CATEGORIAS DE ONTOLOGIA	22
2.2.1 USOS E APLICAÇÕES	23
2.2.2 COMUNICAÇÃO	23
2.2.3 INTEROPERABILIDADE	24
2.2.4 ENGENHARIA DE SISTEMAS.....	25
2.2.5 WEB SEMÂNTICA	25
2.3 BENEFÍCIOS DE UMA ONTOLOGIA	26
2.4 MÉTODOS E CRITÉRIOS DE CONSTRUÇÃO	27
2.5 LINGUAGENS DE REPRESENTAÇÃO DE ONTOLOGIAS	29
2.5.1 ELEMENTOS DE UMA ONTOLOGIA	29
2.5.2 CONCEITOS	29
2.5.3 TAXONOMIAS	30
2.5.4 RELAÇÕES.....	31
2.5.5 AXIOMAS	31
2.5.6 INSTÂNCIAS	31
2.5.7 KIF.....	32
2.5.8 RDF E RDFS.....	32
2.5.9 OIL.....	33
2.5.10 DAML+OIL.....	34
2.5.11 OWL	34
2.6 AS TRÊS ESPÉCIES DE OWL.....	35
2.7 CLASSES EM OWL.....	36
2.8 PROPRIEDADES EM OWL	37
2.9 RESTRIÇÕES DE PROPRIEDADES EM OWL.....	39
2.10 PROJETO ORIENTADO PARA MANUFATURA EM UM AMBIENTE DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA.....	40
2.10.1 HISTÓRICO DO DFMA	40
2.10.2 DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFM/DFA).....	41

2.10.3 PRINCÍPIOS E REGRAS DO DFM/DFA	42
2.11 O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	44
2.11.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS – GESTÃO POR PROCESSOS	44
2.11.2 DEFINIÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	45
2.11.3 FASES DO PROJETO DO PRODUTO	47
2.12 PROJETO ORIENTADO PARA A MANUFATURA EM UM AMBIENTE DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA ..	50
2.12.1 ENGENHARIA SIMULTÂNEA	50
2.13 METODOLOGIA CIENTÍFICA ESTUDO DE CASO	55
2.13.1 MÉTODOS DE COLETA DE DADOS	55
2.13.2 TIPOS DE ESTUDOS DE CASO	56
2.13.3 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	57
2.13.4 PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA PARA O ESTUDO DE CASO	58
2.13.5 ENCADEAMENTO DE EVIDÊNCIAS	58
2.13.6 CONSTRUÇÃO DA TEORIA PRELIMINAR DA PESQUISA (GROUNDED THEORY)	59
2.13.7 DETERMINAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DA PESQUISA	60
CAPÍTULO 3 - MODELO ONTOLÓGICO CONCEITUAL PROPOSTO DO PROJETO ORIENTADO PARA A	
MANUFATURA DE PEÇAS PLÁSTICAS ROTACIONAIS DE PAREDES FINAS	61
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO PARA FORMAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL	61
3.2 FORMAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL ONTOLÓGICO PARA PEÇAS DE PLÁSTICO DE PAREDE FINA	
ROTACIONAIS	63
3.3 FORMAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL ONTOLÓGICO PARA A CAVIDADE DO MOLDE DE PEÇAS	
ROTACIONAIS	65
3.4 MODELO CONCEITUAL PARA CONVERSÃO DE INFORMAÇÃO ENTRE OS DOMÍNIOS (PROJETO DA	
PEÇA PLÁSTICA E PROJETO DA CAVIDADE DO MOLDE)	67
CAPÍTULO 4 – IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO ONTOLÓGICO CONCEITUAL PROPOSTO DO PROJETO	
ORIENTADO PARA A MANUFATURA DE PEÇAS PLÁSTICAS ROTACIONAIS DE	
PAREDES FINAS	70
4.1 MODELO ONTOLÓGICO DO DOMÍNIO DO PROJETO DE PEÇAS PLÁSTICAS ROTACIONAIS DE	
PAREDES FINAS (MOLDABILIDADE)	70
4.1.1 ESTRUTURA DE DADOS DA MOLDABILIDADE ROTACIONAL	74
4.2 MODELO ONTOLÓGICO DO DOMÍNIO DO PROJETO DO INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE	77
4.2.1 MECANISMO DE CONVERSÃO DE INFORMAÇÃO ENTRE DOMÍNIOS (MOLDABILIDADE E INSERTO	
DA CAVIDADE DO MOLDE)	78
4.2.1.1 PONTOS EM GERAL DA CONVERSÃO DE MECANISMOS	78
4.2.2 MOLDABILIDADE E DOMÍNIO DO INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE	79
CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS	86
5.1 PRODUTOS ROTACIONAIS	86
5.2 DOMÍNIO DA MOLDABILIDADE E DOMÍNIO DO INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE	87
5.2.1 DOMÍNIO DA MOLDABILIDADE	87
5.2.1.1 CONVERSÃO DA “FEATURES” PRIMÁRIA ROTACIONAL E “FEATURES” DE TRANSIÇÃO	87
5.2.1.2 CONVERSÃO DA “FEATURES” DE MOLDABILIDADE DE MODIFICAÇÃO ROTACIONAL E	
GATE “FEATURES”	88
5.2.1.3 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	89
5.3 - INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE	90
5.3.1 - INSERTO DA CAVIDADE ROTACIONAL	90

5.3.2 - CONVERSÃO DA CAVIDADE ROTACIONAL	92
CAPÍTULO 6 – DISCUSSÃO, CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	94
6.1 DISCUSSÃO	94
6.1.1 MÚLTIPLOS DOMÍNIOS	94
6.1.2 ESTRUTURA DAS INFORMAÇÕES.....	94
6.1.3 CONVERSÃO DA INFORMAÇÃO	95
6.2 CONCLUSÃO	96
6.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	96
Referências.....	98

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

A busca excessiva pela melhoria da fabricação tem levado companhias a serem mais competitivas, produzirem seus produtos com maior rapidez e custos mais acessíveis de seus produtos, permitindo, dessa forma, uma gestão mais simultânea de seus sistemas fabris.

Isto, combinado com os efeitos da globalização industrial, leva a uma maior exigência em soluções de sistemas de informações para apoiar os processos de tomadas de decisão na indústria. Embora as ferramentas baseada em redes tenha melhorado o acesso global no suporte as soluções, estas soluções tendem a ser focalizadas em áreas discretas do negócio e nem sempre cobrindo um alcance amplo do conhecimento e da informação, o que levou a buscar as necessidades de diversas equipes de engenheiros que trabalham num ambiente de fabricação extremamente dinâmico (Young et. al. 2005).

Com o êxito limitado em oferecer suporte ao processo de informação surgiram sistemas computacionais como ERP (Enterprise Resources Planning), PLM (Product Life Management) e ferramentas de CRM (Customer Relationship Management) (Abramovici 2002). A combinação destes tipos de ferramentas são fontes em potencial na tomada de decisão rápida e eficiente no que tange ao suporte da informação. Outra vez, no entanto, há problemas significativos como: despesas em geral para construir tais sistemas de informação são muito altas; os sistemas resultantes tendem a ser inflexíveis a mudanças, a capacidade de compartilhar diversas visões de informação similares, a capacidade de compartilhamento da informação através de ferramentas computacionais é limitada. E é nesta área que a identificação de uma base eficiente de dados compartilhados é especialmente importante onde as estruturas ontológicas têm sido exploradas.

Muitos grupos de pesquisa têm perseguido os aspectos da ontologia em diversas áreas, compreendendo desde a filosofia até a engenharia tendo como base a web e a interoperabilidade de aplicação de base de dados. Há muitas definições que competem para uma aproximação ontológica (Gomez-Perez, 2004) e esta

especialmente deve ser considerada cuidadosamente o que é esperado de uma abordagem particular. Havia muitas definições de ontologia desde o primeiro trabalho em Stanford (Gruber 1993). Aqui seguiremos a definição (ISO 18629-1) que declara que a ontologia é um vocabulário de terminologia especializada junto com alguma especificação do significado de termos no vocabulário. Um vocabulário é um jogo de símbolos e termos, e um axioma é uma fórmula bem formada numa linguagem formal que fornece limitações na interpretação de símbolos no vocabulário de uma linguagem. Em termos simples é possível descrever ontologia como uma base para um significado compartilhado.

A maior diferença de importância entre as aproximações ontológicas é a base sobre o qual significado compartilhar em relação ao nível de rigor com os termos que são definidos. Isto tem sido influenciado pesadamente pela aproximação ontológica que é tomada. Muitos autores têm argumentado que uma aproximação ontológica em grande parte é estruturalmente baseada com definições de texto para as terminologias. Estas ontologias chamadas de peso-pena supõem que as definições de termos são facilmente entendidas (Gomez-Perez 2004). No entanto, uma mais rigorosa matematicamente, ou uma aproximação mais pesada é necessária para fornecer uma confiança maior que o significado real vindo de diferentes sistemas.

1.2 MOTIVAÇÃO

Bons projetos são resultados de um processo sistemático (Lawson, 2000), e para projetos baseados em multimídia não é nenhuma exceção. Projetos multimídias ganharam importância nos últimos anos e em consequência exigem maiores recursos, tempo e orçamentos mais altos (Stansberry, 1998).

Para aumentar a competitividade do produto, as empresas de fabricação, atualmente têm buscado entregar seus produtos a um custo reduzido e de alta qualidade em um curto espaço de tempo. A mudança de mercado tem acarretado uma constante redução no tempo de ciclo de vida do produto, e as exigências por produtos feitos sob medida tem sido de pequenas remessas.

Todas essas mudanças exigem fabricação rápida para que possa responder as necessidades do mercado no determinado momento.

Padrões tradicionais de produção e tecnologias industriais podem torná-los difíceis de satisfazer os requisitos de desenvolvimento dos produtos. Muitas técnicas, tal como o computador tem integrado a fabricação de forma a tornar-se mais ágil e simultânea.

As empresas baseada em fabricação global tornaram-se obrigadas a encontrar requisitos que fundamente e apóie as estratégias baseadas em computador.

Mediante estes esforços, exige-se uma comunicação eficiente de informação entre os participantes de projetos. Embora os participantes de projetos compartilhem o mesmo objetivo, tal como desenvolver uma solução, necessariamente não usam a mesma terminologia para comunicar-se durante o processo de desenvolvimento do projeto, tornando difícil compartilhar a informação e/ou reutilizar o conhecimento associado com o aspecto do processo em si. O processo é exarcebado quando certos aspectos de desenvolvimento é automatizado ou apoiado pela implementação de múltiplos sistemas de computador que necessita de uma interoperabilidade sem sutura.

Baseado nisso, é que se observou a necessidade de mostrar uma potencial solução a este problema, o desenvolvimento de ontologia de conceitos comuns de definições sem ambigüidade e, portanto, a reutilização da informação e do conhecimento.

Segundo (Uschold e Gruninger, 1996), o papel principal das ontologias é: aumentar a comunicação entre seres humanos em atenção à integração, servir como uma base estável para entender e especificar os requisitos e aplicações em diferentes domínios; alcançar a interoperabilidade entre ferramentas em ambientes desiguais. Assim sendo, para o desenvolvimento das ontologias foi escolhido o *Protege*, uma ferramenta gráfica para desenvolvimento de ontologias e aquisição de conhecimento desenvolvida por **Stanford Medical Informatics (SMI)**.

1.3 JUSTIFICATIVA

Desde o ano de 1980, vários métodos de prototipagem rápida de partes mecânicas foram desenvolvidos, incluindo stereolithography (SL) sinterização

seletiva de laser (SLS), entre outras tecnologias (Jacobs, 1992). Desenvolvimentos recentes capacitaram esses métodos para serem usados para fabricação de produtos. (Hopkinson et al., 2005). Estas tecnologias são referidas como fabricação aditiva, desde que criem camadas por partes e transferência direta em modelos digitais 3D em corpos físicos. Neste campo que se desenvolve rapidamente, novas tecnologias e materiais emergem a cada ano. Como utilizar eficientemente de forma a minimizar os custos industriais e alcançar uma maior funcionalidade tornou-se uma edição importante de pesquisa.

Preocupado com isso, optou-se por desenvolver uma abordagem mais específica sobre o potencial sistema baseado no modelo do produto para representar múltiplas vistas no projeto orientado para a manufatura de produtos plásticos rotacionais de parede fina e explorar em particular a vista da moldabilidade do projeto do molde (cavidade) e do inserto da cavidade do molde (*insert cavity*) através de uma representação ontológica.

1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA

A partir do momento que se decide realizar uma pesquisa, parte-se do pressuposto que o objetivo é buscar uma resposta para algo a fim de entender, explicar e prognosticar algum fenômeno. Para que se atinjam tais objetivos é fundamental a definição clara dos mesmos, fundamentado em metodologias de pesquisa na qual talvez tenham perguntas a serem respondidas de forma mais profundas e que exigem respostas comprovadas, ou seja, exigem componentes da teoria versus prática ou blocos de construção; e uso de conceitos, e ou definições (COOPER, 2003).

A Figura 1.1 apresenta a estrutura do desenvolvimento da dissertação compreendendo desde a metodologia que será utilizada, a abordagem sobre as ontologias, o projeto orientado para a manufatura dentro do ambiente de engenharia simultânea e o desenvolvimento da pesquisa.

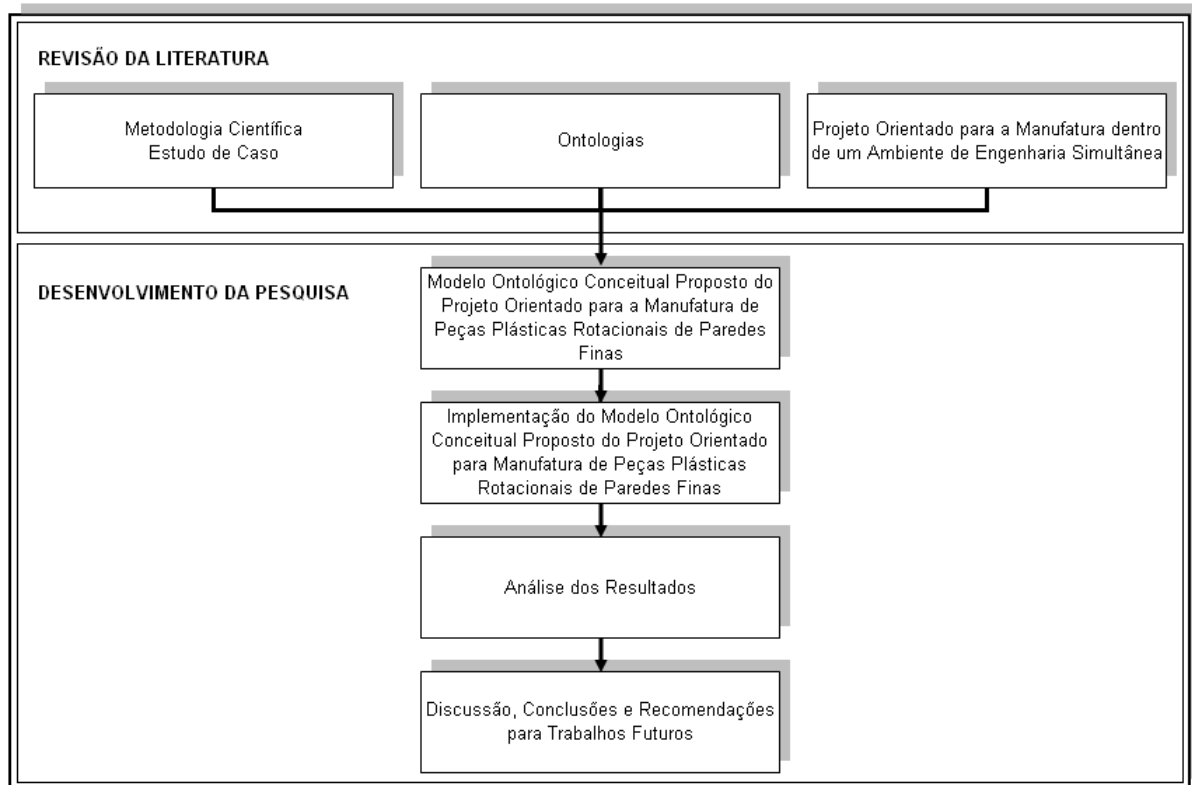


FIGURA 1.1 - METODOLOGIA DA PESQUISA
Fonte: o autor

1.5 JUSTIFICATIVA DA METODOLOGIA CIENTÍFICA APLICADA À PESQUISA (ESTUDO DE CASO)

Todas as ciências caracterizam-se pela utilização de métodos científicos, em contrapartida, nem todos os ramos de estudo que empregam esses métodos são ciências. Assim, faz-se necessários o uso de metodologias para formar e selecionar técnicas, formas de avaliar alternativas para ação científica (ACKOFF In: Hegenberg, 1976: II-116).

Para tanto, se faz necessário o uso de metodologias que permita uma análise dos dados de forma mais consistente e capaz de serem categorizados em opiniões e informações coletadas de forma a garantir a confiabilidade e validade ao estudo que posteriormente possam ser analisadas e comentadas.

1.6 OBJETIVOS

O objetivo geral dessa pesquisa é propor um modelo ontológico que seja capaz de oferecer suporte ao projeto orientado para a manufatura de produtos plásticos injetáveis. Para que se alcance este objetivo geral, a pesquisa foi dividida em objetivos específicos, a saber:

1. Entender o relacionamento e as necessidades necessárias para a conversão de informações entre domínios distintos;
2. Definir a representação de cada domínio de modelo de informação (representação do domínio da moldabilidade e do domínio do inserto da cavidade do molde);
3. Propor um modelo conceitual de ontologias para suporte ao projeto de produtos plásticos injetáveis;
4. Construir as ontologias dos domínios da moldabilidade e do domínio do inserto da cavidade do molde.
5. Explorar os mecanismos de conversão (modelo proposto) da informação entre vários domínios através de um estudo de caso;

1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Além desta introdução, esta dissertação é composta por outros cinco capítulos. O capítulo dois apresenta todo referencial teórico necessário para o desenvolvimento da pesquisa. Primeiramente é feita uma abordagem sobre ontologias e seu conceito histórico e suas respectivas categorias. O segundo é o histórico do DFMA – *Design for Manufacturing and Assembly* e seus objetivos e a Engenharia Simultânea - ES e por fim toda a descrição da metodologia científica estudo de caso.

O capítulo 3 apresenta a formação conceitual do domínio e as informações que devem conter sobre o produto plástico que será incorporado no projeto do molde, certificando-se que o molde poderá ser usado repetidamente para satisfazer as propriedades e outros requerimentos da engenharia do produto.

O capítulo 4 apresenta os procedimentos de implementação dos modelos ontológicos. Primeiramente será abordado o modelo ontológico do domínio do projeto de peças plásticas rotacionais de paredes finas (moldabilidade). Segundo uma abordagem sobre a estrutura de dados rotacional e os seus respectivos relacionamentos e o modelo ontológico do domínio do projeto do inserto da cavidade do molde. Por fim, apresentam-se os mecanismos de conversão entre os domínios (moldabilidade e projeto do inserto da cavidade do molde).

O capítulo seguinte apresenta a análise dos resultados obtidos pelo autor na exploração do desenvolvimento de mecanismos de conversão da informação em múltiplos domínios. Finalmente, o capítulo 6 apresenta discussões, conclusões e as recomendações para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta todo referencial teórico necessário para o desenvolvimento da pesquisa. Primeiramente é feita uma abordagem sobre ontologias e seu conceito histórico e suas respectivas categorias. O segundo é o histórico do DFMA – *Design for Manufacturing and Assembly* e seus objetivos e a engenharia simultânea e por fim toda a descrição da metodologia científica do estudo de caso.

2.1 ONTOLOGIAS

Originalmente o conceito de ontologia foi objeto de estudo de Platão e Aristóteles na antiga Grécia, quando tratava da natureza do Ser, isto é, da realidade, da existência dos entes. Composta pelos termos gregos onto (“ser” no sentido de “existir”) + logia (“conhecimento”), a palavra “ontologia” é associada, no contexto da filosofia ao exame da natureza da realidade, incluindo a relação entre mente e matéria, substância e atributo, fato e valor. Nesse sentido, ela procura descrever as categorias básicas e os relacionamentos do ser ou existir, estudando e analisando concepções da realidade.

Ainda nessa perspectiva da filosofia, a ontologia pode ser vista como a teoria dos objetos e de suas conexões. Seu estudo fornece critérios para distinção dos vários objetos, concretos ou abstratos, existentes ou não, reais ou ideais, e suas conexões, relações, dependências e asserções.

Com uma longa história em filosofia, o termo ontologia foi recentemente incorporado ao vocabulário da Inteligência Artificial, da Engenharia do Conhecimento e da Representação do Conhecimento, entre outras áreas da Computação. Nas últimas duas décadas as pesquisas de Inteligência Artificial vêm se servindo de ontologias no processo de descrição formal das coisas do mundo, algo fundamental para que sistemas inteligentes possam atuar e ponderar sobre o mundo em que se propõem operar (WELTI; GUARINO, 2001).

Gruber (1993) define uma ontologia como sendo uma especificação explícita de uma conceituação. Por conceituação entendem-se os objetos, os conceitos e

outras entidades que se assume existirem em alguma área de interesse, bem como as relações que se verificam entre eles (GENESERETH, 1978). Em outras palavras, uma conceituação é uma visão abstrata e simplificada do mundo que se deseja representar para algum propósito. Assim, qualquer base de conhecimento, sistema baseado em conhecimento ou agente inteligente está comprometido com (*is committed to*) alguma conceituação, explícita ou implicitamente. Para sistemas baseado em conhecimento, o que “existe” é exatamente aquilo que consegue ser representado (GRUBER, 1995).

Na definição de Uschold e Gruninger (1996), uma ontologia limita e incorpora algum tipo de visão de mundo relacionado a um determinado domínio. Essa visão de mundo é comumente concebida como um conjunto de conceitos (ex.: entidades, atributos ou processos) e seus inter-relacionamentos. No mesmo trabalho, os autores mencionam a seguinte definição para o que vem a ser uma ontologia, suas formas e o contexto em que ela se insere:

“Ontologias são acordos a respeito de conceituações compartilhadas. Conceituações compartilhadas incluem estruturas conceituais para a modelagem do conhecimento de um domínio; protocolos com conteúdo específico para a comunicação entre agentes inter-operantes; e acordos a respeito das representações de teorias de um domínio particular. No contexto de compartilhamento de conhecimento, ontologias são especificadas na forma de definições de vocabulário representacional. Um caso muito simples seria uma hierarquia de tipos especificando classes e suas relações de subsunção. Esquemas de Bse de dados relacionais também servem como ontologias ao especificar as relações que podem existir entre bases de dados compartilhadas e as restrições de integridade que devem ser respeitadas entre elas.”

Segundo Struder, Benjamins e Fensel (1998), uma ontologia é uma especificação explícita e formal de uma conceituação compartilhada. Ilustrando as restrições dessa definição:

- Por especificação explícita, entende-se a definição de conceitos, instâncias relações, restrições e axiomas;
- Por formal, entende-se uma definição declarativa, utilizável por agentes e sistemas;
- Por conceituação, entende-se um modelo abstrato de uma área de conhecimento ou de um universo limitado de discurso;

- Por compartilhada, estabelece-se um conhecimento consensual, seja ele uma terminologia comum de domínio modelado, ou acordo entre os desenvolvedores dos agentes que inter-operam.

2.2 CATEGORIAS DE ONTOLOGIA

Uma ontologia deve incluir necessariamente um vocábulo de termos e alguma definição para seus significados, mas pode variar bastante quanto ao formalismo dessas definições. Em relação a esse formalismo, Uschold e Gruninger (1996) definiram uma escala de avaliação de ontologias composta de quatro níveis de formalização:

- *altamente informal*: expressa em linguagem natural desestruturada;
- *semi-informal*: expressa em linguagem natural estruturada e restrita, reduzindo a ambigüidade e aumentando a clareza dos conceitos;
- *semi-formal*: expressa em linguagem artificial formalmente definida;
- *rigorosamente formal*: expressa com termos meticulosamente definidos, através de semântica formal, teoremas e provas de completude (*completeness*) e correção (*soundness*).

Em relação ao conteúdo e à natureza e abrangência dos conceitos definidos, ontologias podem ser classificadas nos seguintes tipos (adaptado de Guarino e Giaretta (1995)):

- Ontologias de representação: definem as conceituações que fundamentam os formalismos de representação de conhecimento, definindo as primitivas de representação;
- Ontologias genéricas: trazem definições gerais a respeito de conceitos abstratos, tais como, tempo, espaço, matéria, seres e coisas, independentes de um problema ou domínio particular, mas necessárias para compreensão de aspectos do mundo;
- Ontologias centrais (*core ontologies*) ou genéricas de domínio: descrevem os ramos de estudo de uma área. Um exemplo é a ontologia central de direito (VALENTE, 1995) que inclui conhecimentos normativos, de responsabilidade,

comportamentos permitidos. O objetivo das ontologias centrais é servir de base para a construção de ontologias de ramos mais específicos do domínio (por exemplo, ontologias de direito tributário e de família);

- Ontologias de domínio: expressam conceituações de domínios particulares de uma área genérica de conhecimento (por exemplo, cardiologia);
- Ontologias de aplicação: descrevem conceitos dependentes do domínio e das tarefas que lidam com um problema específico desse domínio como, por exemplo, identificar doenças do coração;
- Ontologias de tarefas: expressam conceituações e descrevem o vocabulário relacionado às atividades e tarefas usadas na resolução de problemas (por exemplo, processos e planos.)

Como se percebe, existe uma relação de generalidade entre as categorias de ontologia. As ontologias de nível mais genérico são geralmente reutilizadas na construção de ontologias mais específicas.

2.2.1 USOS E APLICAÇÕES

Uschold e Gruninger (1996) consideram os usos para ontologias como sendo de três tipos básicos: comunicação, interoperabilidade e engenharia de sistemas.

2.2.2 COMUNICAÇÃO

Ontologias podem prover uma estrutura unificada que reduz a confusão de uma organização a respeito de conceitos e terminologia. Assim, as ontologias podem ser usadas para promover a comunicação e o compartilhamento de conhecimento entre pessoas com diferentes pontos de vista e necessidades por estarem inseridas em diferentes contextos dentro da organização.

Uma ontologia pode ser usada para descrever uma rede de relacionamentos entre entidades, para registrar o que se conecta com o que, e para explorar e navegar nessa rede de conexões. Ainda que esse tipo de rede possa ser implícita no sistema, as pessoas em geral têm perspectivas distintas e usam suposições diferentes, o que pode criar obstáculos ao entendimento das relações chaves dentro

do sistema. Em aplicações que envolvem domínios diferentes, as ontologias são particularmente importantes já que explicam as conexões lógicas entre os elementos dos vários modelos do sistema.

As pessoas que implementam e utilizam um sistema de software integrado de larga escala devem manter uma compreensão comum sobre o funcionamento e os objetivos desse sistema. Uma das maneiras de se prover essa compreensão é através da construção e uso de uma ontologia para estabelecer um modelo normativo desse sistema, isto é, um consenso por parte dos agentes envolvidos sobre os objetos e comportamentos relacionados a ele. Essa ontologia pode ser expandida e refinada, e eventualmente viabilizar a inferência e o raciocínio sobre os impactos de eventuais mudanças no sistema.

Em sistemas onde vários agentes se comunicam é imprescindível que a integração entre eles aconteça com base em uma interpretação compartilhada a respeito das informações trocadas. Por outro lado, recursos em diferentes áreas de uma companhia podem ter perspectivas diferentes a respeito do que ela faz, quais seus objetivos e como eles devem ser alcançados. Uma ontologia pode fornecer um modelo normativo da organização, apoiando a integração e a comunicação entre os vários participantes e fornecendo uma terminologia padronizada sobre todos os objetos e relações que existam nos seus domínios.

2.2.3 INTEROPERABILIDADE

Outra aplicação importante para as ontologias é a de fornecer ambientes de integração em que diferentes ferramentas de software possam ser utilizadas em conjunto, em arquiteturas multi-agentes e modelos corporativos que envolvam atividades, produtos, serviços e organizações. Ontologias podem, nesses casos, funcionar como uma língua de inter-operação, permitindo a padronização de terminologia entre os diferentes usuários desses recursos e diminuindo a quantidade de conversões ou traduções necessárias entre cada par de componentes para que eles possam se comunicar. Essa idéia foi explorada com sucesso, por exemplo, no projeto da PSL – Process Specification Language – (SCHLENOFF et. al., 1999) pela NIST americana, onde uma ontologia atua como um tradutor entre duas aplicações (por exemplo, um processo de manufatura e um processo de monitoramento),

eliminando as ambigüidades nas definições de termos usados por cada um dos sistemas. Assim, o termo “método” usado por um segundo sistema com a ajuda de uma ontologia, onde esse mesmo conceito é chamado de “processo”.

Ainda ligado ao conceito de inter-operabilidade, é possível utilizar ontologias que integram outras ontologias de domínios diversos. Por exemplo, uma ontologia que apóie um sistema de *workflow* precisa integrar ontologias de processos, recursos, produtos, serviços e mesmo organizações.

2.2.4 ENGENHARIA DE SISTEMAS

Além de suportar a operação de sistemas, ontologias podem também apoiar o desenho e o desenvolvimento de sistemas de software propriamente ditos. Ontologias facilitam o processo de identificação dos requisitos de um sistema e de entendimento das relações entre os seus vários componentes. De maneira mais formal, uma ontologia pode prover uma especificação declarativa do sistema, o que permite que se infira sobre o que o sistema foi projetado para fazer, ao invés de como ele implementa uma dada funcionalidade. A metodologia Commonkads (SCHREIBER et.al.,1994), por exemplo, utiliza a linguagem CML (Conceptual Modelling Language) para construir ontologias de domínios e de tarefas para apoiar a especificação de sistemas baseados em conhecimento.

2.2.5 WEB SEMÂNTICA

A Web Semântica (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001) é um projeto sob a direção do consórcio World Wide Web e que objetiva estabelecer uma infraestrutura de troca de informações baseada no acréscimo de significado (isto é, “semântica”) ao conteúdo dos documentos da Web. Para tanto, esse projeto estende a Web através do uso de padrões, de linguagens de marcação (*markup languages*) e de um ferramental de processamento conveniente. Tal como ela se apresenta atualmente, a Web é desenhada para ser utilizada e lida por pessoas, não por máquinas. A Web Semântica tenta justamente expandir o modo com que as páginas da Web são feitas, de tal forma que computadores possam compreendê-las. A Web

é baseada fundamentalmente em documentos escritos em HTML (HyperText Markup Language), uma linguagem utilizada para definir e representar textos e objetos como imagens e formulários e que foca na representação visual desses elementos. Ainda que o HTML permita uma definição bastante precisa do layout das informações nas páginas, essa linguagem não possui capacidade de expressar, por exemplo, que um determinado item da página de uma livraria é, em realidade, um livro cujo título é “Godel, Escher, Bach” e cujo preço é “R\$ 63,20”. Nessa página, o HTML usado consegue apenas indicar que uma cadeia de caracteres “Godel,Escher,Bach” deve ser mostrado ao lado de uma outra cadeia de caracteres “R\$ 63,20”. Em outras palavras, o HTML usado na Web não fornece a capacidade de exprimir que a página é de um catálogo, “Godel,Escher,Bach” é o título de um livro e que “R\$ 63,20 é um preço, o preço daquela obra.

A Web Semântica tenta endereçar esse problema de representação com o uso combinado de componentes tecnológicos e linguagens tais como RDF (Resource Description Framework) (LASSILA; SWICK, 1999), OWL (Web Ontology Language) (SMITH;WELTY;MCGUINNES, 2004) e XML (Extensible Markup Language) (BRAY;PAOLI;SPERBERG-MCQUENN, 1998) para viabilizar o fornecimento de descrições que suplementam o conteúdo dos documentos da Web e expressas de forma que as máquinas possam lê-las. Este último requisito é o que permite que os autores dos documentos e dos sites possam associar significado ao conteúdo de suas páginas, facilitando a busca automática de informações e a pesquisa de computadores.

2.3 BENEFÍCIOS DE UMA ONTOLOGIA

Como visto nas seções anteriores, a utilização de ontologias pode ser bastante vantajosa. Dentre os principais benefícios da sua utilização, destacam-se:

- A comunicação não ambígua de informações entre recursos. Uma ontologia permite o compartilhamento entre pessoas e entre agentes de software de um entendimento comum sobre uma estrutura de informação;
- O aumento na confiabilidade de sistemas. Ontologias podem ser usadas para aumentar a confiabilidade de sistemas através de verificações de consistência

em relação às especificações declarativas do sistema e também explicitando as suposições nas quais se baseiam os vários componentes do sistema.

- A reutilização do conhecimento a respeito de um domínio. Através da caracterização de classes de domínio e de tarefas desses domínios, ontologias fornecem uma base para que se determinem quais elementos são reutilizáveis em diferentes domínios e tarefas.
- A separação entre o conhecimento do domínio e o conhecimento operacional. Através da representação de conhecimento relacionado a uma determinada área pode-se separar os mecanismos usados para entender e avaliar uma situação ou um problema dos mecanismos utilizados para, efetivamente corrigir ou atuar sobre ele;
- A capacidade de análise do conhecimento do domínio. As ontologias são também instrumentos para organização daquilo que se sabe a respeito de um assunto e, como tal, pode capacitar a avaliação de conceitos e relacionamentos na medida em que eles evoluam no tempo ou em que mais usos se façam para seus conceitos;

2.4 MÉTODOS E CRITÉRIOS DE CONSTRUÇÃO

Em seu trabalho de compilação, Corcho, Fernández-Lopez e Gómez-Perez (2003) relacionam algumas metodologias que foram propostas para a construção de ontologias. A seguir destaca-se a de Uschold e Gruninger (1996), assim como as recomendações básicas de Guarino e Giaretta (1995).

Segundo Uschold e Gruninger (1996), a construção de ontologias deve ser dividida em cinco processos: três de desenvolvimento e dois de suporte executados simultaneamente aos três anteriores. A seguir são sumarizados esses processos:

1. *Identificação do objeto e do escopo da ontologia:* Neste processo estabelecem-se os motivos da construção da ontologia e as aplicações que se pretendem para ela. Define-se o escopo da ontologia através de “questões de competência”, perguntas em linguagem natural que descrevem os requisitos que devem ser atendidos pela ontologia. Em outras palavras, a ontologia deve criar componentes (como conceitos e relacionamentos) que permitam representar essas perguntas e suas respostas;

2. *Construção de ontologia*: Este processo é composto pelas atividades básicas de elaboração da ontologia:
 - a - A captura da ontologia, isto é, a identificação dos conceitos chaves e dos relacionamentos que existam no domínio, a descrição desses conceitos e relacionamentos e a escolha dos termos que identificarão cada um deles;
 - b - A codificação da ontologia, ou seja, a representação através de uma linguagem formal da conceituação identificada na atividade anterior;
 - c - A integração da ontologia com outras já existentes através da reutilização de conceitos.
3. *Avaliação da Ontologia*: Nesta atividade utilizam-se as “questões de competência”, agora expressas em linguagem formal, para verificar a consistência e a expressividade da ontologia criada;
4. *Definição de guias*: Aqui definem-se as técnicas e métodos que serão usadas como base para todas as demais fases da construção, as entradas e os produtos de cada fase, bem como a ordem em que elas devem ser executadas;
5. *Documentação da ontologia*: Nesta atividade definem-se as regras para que a construção seja documentada de modo apropriado, isto é, garantindo que as premissas utilizadas durante a construção sejam registradas.

Guarino estabelece alguns critérios que devem ser considerados na montagem de uma ontologia como forma de avaliação da sua consistência, especialmente importantes na fase de captura dos elementos da ontologia:

- *Particionamento*: O que deve ser considerado como parte de uma entidade, isto é, algo de interesse que pode ser real ou conceitual e que se deseja estudar ou descrever? Quais seriam as propriedades das partes? Quais os tipos de partes existentes?
- *Integridade*: O que pode ser considerado como um inteiro, ou em outras palavras, algo que não pode ser dividido sem que se perca sua característica de ser algo completo? Em que sentido suas partes estão conectadas?

- *Identities*: Quais são as propriedades essenciais que definem uma entidade dando-lhe uma identidade? Como a entidade pode mudar mantendo a identidade? Em que circunstâncias a entidade perde a identidade? Como uma mudança de partes ou ponto de vista altera a identidade?
- *Dependência*: Uma entidade pode existir sozinha? Depende de outras entidades?

2.5 LINGUAGENS DE REPRESENTAÇÃO DE ONTOLOGIAS

Esta seção apresenta os elementos básicos que uma linguagem de representação de ontologias é concebida para representar. Em seguida, relacionam-se as linguagens que vêm sendo usadas para implementação de ontologias, destacando particularmente a linguagem OWL (Web Ontology Language), a escolhida para representar as ontologias criadas neste trabalho.

2.5.1 ELEMENTOS DE UMA ONTOLOGIA

Diferentes linguagens de ontologias apresentam diferentes capacidades de representação dos componentes de uma ontologia. A seguir são descritos os elementos ou características que as linguagens de ontologia representam, com maior ou menor capacidade de expressão.

2.5.2 CONCEITOS

Um conceito é uma unidade básica de pensamento a respeito de um grupo de coisas ou idéias que tenham características comuns. Conceitos podem ser abstratos (como honestidade, reputação) ou concretos (como um livro, carros), fictícios ou reais, elementares ou compostos. Um conceito pode ser a descrição de uma tarefa, atividade, ação ou estratégia. Diferentes linguagens de representação de ontologias usam termos variados para nomear os conceitos: objetos, categorias, classes (tal como usado em RDF, OIL, DAML+OIL, OWL).

Um conceito pode ter atributos, que em algumas linguagens são chamados de funções, em outras de *slots* e, mais comumente, de propriedades. Esses atributos podem ser classificados em:

- *Atributos de classe*: são atributos cujo valor é ligado ao conceito e, portanto, esse valor é o mesmo para todas as instâncias da classe;
- *Atributos de instância*: são atributos que podem assumir valores diferentes para cada instância do conceito;
- *Atributos locais*: atributos que, apesar de possuírem o mesmo nome, pertencem a diferentes classes. Por exemplo, os conceitos *projeto* e *atividade* podem ter ambos um atributo chamado *data de inicio*, local a cada conceito;
- *Atributos globais*: são atributos que não tem domínio especificado, isto é, se aplicam a qualquer conceito da ontologia.

Algumas linguagens de representação também permitem a especificação de outros elementos de um atributo, tais como:

- *Valores default*: usado para definir valores default para casos em que não se defina o valor de um atributo explicitamente. Por exemplo, desconto no preço de um produto é 0 se não for mencionado;
- *Tipo*: usado para restringir o tipo de atributo. Por exemplo, o número de cilindros de um motor deve ser inteiro;
- *Cardinalidade*: restringe o número mínimo e máximo de valores para o atributo. Por exemplo, um produto pode ter de 1 a 5 cores, no máximo.
- *Documentação*: usado para manter uma definição em linguagem natural para o atributo.

2.5.3 TAXONOMIAS

Taxonomias são usadas para organizar os conceitos de uma ontologia com o uso de relações de especialidade e generalidade, implementando o conceito de herança. Tipicamente as linguagens de implementação de ontologias fornecem primitivas para a definição de elementos tais como:

- *Subclasse*: especializa conceitos genéricos criando conceitos mais específicos;

- *Decomposição disjunta*: partição onde todos os conceitos são subclasses de um conceito comum e onde nenhum membro de uma subclasse é membro de outra subclasse;
- *Decomposição exaustiva de subclasse*: uma decomposição disjunta completa, isto é, todos os membros da classe ou conceito comum são membros de alguma de suas subclasses;
- *Não é subclasse de*: especifica que um conceito não é uma especialização de um outro conceito. Usado em algumas linguagens para representar a negação da primitiva de subclasse.

2.5.4 RELAÇÕES

Relações representam interações entre os conceitos de um domínio. Algumas linguagens permitem a definição de relações com vários argumentos, como por exemplo, ma relação de *compra* em que uma *pessoa*, compra um *produto* em uma *loja* em uma *data*. As linguagens podem também oferecer a capacidade de definir restrições de tipo para cada argumento e mesmo restrições de integridade para verificar a validade dos valores de cada argumento.

2.5.5 AXIOMAS

Os axiomas são sentenças aceitas como verdadeiras sem necessidades de prova. Em uma ontologia os axiomas são usados com diferentes objetivos, mas, sobretudo para verificar a validade de uma informação ou para restringí-la. Tipicamente, nas linguagens que os suportam, os axiomas são construídos com base em lógica de primeira ordem.

2.5.6 INSTÂNCIAS

A maior parte das linguagens fornece capacidade para definir instâncias e fatos em uma ontologia. Instâncias representam elementos do domínio de um

conceito específico, enquanto fatos são relações que existem entre esses elementos. Em OWL, instâncias são chamadas de *indivíduos* (individuals).

2.5.7 KIF

KIF – Knowledge Interchange Format – foi uma das primeiras linguagens criadas para representar ontologias. Idealizada por Genesereth e Fikes (1992), KIF é baseada no cálculo de predicados e possui alto poder de expressividade. Foi inicialmente desenhada para possibilitar a troca de conhecimento entre sistemas computacionais distintos e tem as seguintes características fundamentais:

- Possui semântica declarativa;
- Possui capacidade de expressar qualquer sentença lógica em cálculo de predicados de primeira ordem;
- Provê capacidade de representação de meta-conhecimento, ou seja, conhecimento sobre o conhecimento, o que permite que o usuário introduza novas construções de representação de conhecimento usando a própria linguagem.

2.5.8 RDF E RDFS

A Resource Description Framework – RDF – foi desenvolvido pela W3C (World Wide Web Consortium) para permitir a descrição de recursos na Web e prover mecanismos para representação explícita de serviços, processos e modelos de negócios. Em outras palavras, o RDF (KLYNE;CARROL,2004) provê capacidade para descrever o metadados de documentos (por exemplo, autor, título, etc) e de outros recursos da Web.

O modelo de dados é da RDF é composto por três tipos de objetos: i) recursos, ii) propriedades, usadas para definir características, atributos ou relações que descrevem um recurso e iii) sentenças (statements) usadas para atribuir valores para uma propriedade de um recurso específico.

A RDF não fornece mecanismos para descrever propriedade nem para descrever as relações entre essas propriedades e outros recursos. Essa é a função da RDFS, ou esquema RDF, que define classes e propriedades e outros recursos, específicos de uma aplicação (como por exemplo, os metadados que descrevem um filme ou um livro).

A RDF e RDFS são baseados em XML (Exchange Markup Language). A linguagem XML (BRAY; PAOLI; SPERBERG-MCQUEEN, 1998) fornece uma sintaxe padrão para definição de linguagens de marcação, sendo portanto uma metalinguagem. Através dessas linguagens de marcação, pode-se definir estrutura, restrições e semântica de dados e documentos.

2.5.9 OIL

OIL – *Ontology Inference Layer* - é uma linguagem para representação de ontologias e uma camada de inferência. Fensel et.al. (2000) criaram a OIL desenhando-a em torno do XML e do RDFS, de uso comum na Web. A OIL combina as primitivas de modelagem das linguagens baseadas em *frames* com a semântica formal e os serviços de inferência da lógica descritiva. Frames são uma noção introduzida por Minsky (1975) para representação de conhecimento de um domínio. Um *frame* é uma estrutura para representar um conceito ou situação e que pode conter informações que descrevam ou definam o conceito. O objetivo dos *frames* é capturar a essência desses conceitos e situações através do agrupamento de todas as informações relevantes a essas situações.

A lógica descritiva é um sub-conjunto da lógica de primeira ordem que mantém um alto poder de expressividade, além de um mecanismo eficiente de inferência.

A OIL possui quatro camadas i) *Core Oil*, que agrupa as primitivas que tem mapeamento direto com as primitivas RDF, ii) *Standard Oil*, o modelo completo OIL, iii) *Instance Oil*, usada para adicionar instâncias de conceitos e papéis aos modelos anteriores, e iv) *Heavy Oil*, reservada para futuras expansões.

2.5.10 DAML+OIL

DAML+OIL – *DARPA Agent Markup Language + Ontology Inference Layer* – é a linguagem criada por Horrocks (2002) baseada na integração da OIL com a DAML-ONT, definida pela DARPA para expressar definições de classes mais sofisticadas que as permitidas pelo RDFS. A DARPA, ou *Defense Advanced Research Projects Agency*, é a agência do Departamento de Defesa Americano responsável pelo desenvolvimento de novas tecnologias para uso militar.

2.5.11 OWL

Para representação das ontologias a serem criadas pelo método proposto neste trabalho, foi escolhida a linguagem OWL. A seguir serão apresentadas algumas das características e as razões que fundamentaram esta escolha.

A linguagem OWL (SMITH;WELTY;MCGUINNESS,2004) é uma proposta do W3C para representação de ontologias e que foi concebida para viabilizar a Web Semântica e facilitar às máquinas o processamento e a integração de informações disponíveis na Web. Como parte dos requisitos básicos que orientaram essa concepção, a OWL tinha que contemplar as camadas de linguagens da Web Semântica, incluindo XML e RDF.

Baseada na DAML+OIL, a OWL estende o vocabulário de descrição de classes e propriedades da RDF, provendo assim funcionalidades como características de propriedades, relações entre classes e cardinalidade de relacionamento.

A escolha da linguagem OWL para uso neste trabalho foi baseada em algumas características que a distinguem das outras linguagens aqui relacionadas.

Primeiramente, a OWL foi uma linguagem concebida para uso na Web. Enquanto as linguagens mencionadas anteriormente foram criadas para usos focados em comunidades de usuários e domínios específicos, a OWL foi definida para ser compatível com a arquitetura da World Wide Web e da Web Semântica. Através do uso de URIs (*Universal Resource Identifiers*) e RDF como base para

nomeação e identificação de recursos, a OWL permite a distribuição de uma ontologia através de vários sistemas (fornecendo a escalabilidade necessária para uso na Web).

Outra consideração importante nesta escolha é o equilíbrio entre o poder de expressividade da linguagem e a eficiência que ela oferece no suporte à inferência e raciocínio. De modo geral, quanto mais expressiva for uma linguagem, mais eficiente é o suporte à inferência (tendendo, no limite, a não computabilidade).

No quesito de expressividade, a OWL parte da capacidade de declarar fatos do RDF e da capacidade de estruturar classes e propriedades do RDFS e as estende. Em OWL pode-se declarar classes e organizá-las em hierarquias de subsunções, isto é, subclasses, como no RDFS. No entanto, as classes OWL podem ser especificadas como combinações lógicas (intersecção, união e complemento) de outras classes ou enumerações de objetos específicos. Como em RDFS, a OWL permite declarar propriedades, organizá-la em hierarquias de sub-propriedades e especificar domínios e imagens (*ranges*) para essas propriedades. Indo além, em OWL os domínios das propriedades são classes e as imagens (*ranges*) podem ser ou classes ou tipos de dados definidos (tais como *string* ou *integer*). Além disso, a OWL pode exprimir quais objetos (também chamados de indivíduos) pertencem a quais classes e quais valores de propriedade podem ser de indivíduos específicos. Finalmente, a OWL permite que declarações de equivalência possam ser feitas para classes ou para propriedades, classes possam ser declaradas disjuntas e indivíduos possam ser declarados iguais ou desiguais.

Na OWL, o equilíbrio de expressividade e eficiência é ainda reforçado através da oferta de três sub-linguagens com capacidades distintas, apresentadas no item 2.6

2.6 AS TRÊS ESPÉCIES DE OWL

A OWL fornece três sub-linguagens, cada uma com poder de expressividade diferente e progressivamente maior:

- *OWL Lite*: desenhada para suportar a representação de ontologias mais simples, compostas por uma hierarquia de classificação e restrições menos complexas. Ainda que ela suporte restrições de cardinalidade, por exemplo, só são permitidas cardinalidades zero ou um;
- *OWL DL*: com maior poder de expressividade que a *OWL Lite*, o *OWL DL* foi concebido para apoiar usuários que precisam de grande expressividade, mas desejam manter a completude computacional (todas as conclusões são computáveis) e a decibilidade (todos os cálculos terminam em um tempo finito). Baseada em lógica descritiva, a *OWL DL* inclui todas as construções da linguagem *OWL*, mas com algumas restrições (como, por exemplo, uma classe não pode ser uma instância de outra classe);
- *OWL Full*: a sub-linguagem de maior poder de expressividade, a *OWL Full* provê a liberdade sintática do *RDF*, embora não ofereça garantias computacionais, fato que limita o seu uso por mecanismos de raciocínio automáticos (*reasoners*). Como exemplo disso, uma classe no *OWL Full* pode ser tratada simultaneamente como uma coleção de indivíduos e como um indivíduo separado.

Cada uma dessas sub-linguagens é uma extensão da sua antecessora mais simples, tanto do ponto de vista do que pode ser Express, quanto do que pode ser concluído ou inferido. Assim, temos que: toda ontologia *OWL Lite* legal é também uma ontologia *OWL DL* legal; toda ontologia *OWL DL* legal é também uma ontologia *OWL Full* legal; toda conclusão válida em *OWL Lite* é uma conclusão válida em *OWL DL*; toda conclusão válida em *OWL DL* é também uma conclusão válida em *OWL Full*;

2.7 CLASSES EM OWL

Em *OWL*, conceitos são chamados de classes, instâncias são chamadas de indivíduos e as relações entre indivíduos são chamadas de propriedades. Todas as classes em *OWL* são definidas como sub-classes da classe *owl:Thing*. Os seguintes construtores são oferecidos para definição de classes em *OWL Lite*:

- `rdfs: subClassOf`: usado para criar hierarquias de classes especificando que uma classe é subclasse de outra;
- `owl: equivalentClass`: utilizado para especificar que duas classes são equivalentes (isto é, possuem os mesmos indivíduos ou instâncias) ou são classes sinônimas;
- `owl: intersectionOf`: usado para especificar intersecções de classe e restrições. Por exemplo, `PessoaEmpregada` pode ser especificada como a entre `Pessoas` e `CoisasEmpregadas`.

Além desses construtores, OWL DL e OWL Full também provém axiomas de classes para a construção de classes:

- `owl: oneOf`: usado para descrever a classe com a enumeração de todos os indivíduos que dela fazem parte. Por exemplo, a classe `diasDaSemana` pode ser descrita com a simples enumeração dos indivíduos `Segunda`, `Terça`, `Quarta`, `Quinta`, `Sexta`, `Sábado`, e `Domingo`;
- `owl: disjointWith`: utilizado para especificar que classes podem ser descritas como sendo disjuntas, isto é, não podem ter indivíduos comuns, por exemplo as classes `Homem` e `Mulher`;
- `owl: unionOf` e `owl: complementOf`: usado para permitir combinações de classes baseadas em operadores de união e complemento dos indivíduos das classes. Por exemplo, a classe de cidadãos da união européia pode ser descrita como a união dos cidadãos de todos os estados membros. Em um exemplo de complemento, pode-se dizer que `Crianças` são uma subclasse do complemento de `PessoasIdosas`.

2.8 PROPRIEDADES EM OWL

Em OWL propriedades são usadas para especificar o relacionamento entre dois indivíduos e podem ser classificados nas seguintes categorias principais:

- Propriedade de tipo de dado (`datatype properties`): são propriedades estabelecidas entre instâncias de classes e o formato de dados. Esse formato

pode ser de literais RDF ou como tipos baseados em esquemas XML. Entre os formatos recomendados para uso em OWL tem-se, por exemplo, strings (`xds:string`), inteiros (`xsd:integer`), inteiros não negativos (`xds:nonNegativeInteger`), URIs (`xsd:anyURI`);

- **Propriedades de objeto (object properties):** são propriedades que relacionam instâncias de classes, como por exemplo, tem filho que pode relacionar dois indivíduos da classe pessoa;

Além desses, os seguintes construtores podem ser usados na definição de propriedades:

- `rdfs:subPropertyOf`: usado para especificar hierarquias de propriedades (como, por exemplo, para especificar que `terIrmão` é uma subpropriedade de `terParente`);
- `rdfs:domain`: utilizado para restringir para quais indivíduos a propriedade pode ser aplicada;
- `rdfs:range`: usado para definir o conjunto de valores válidos para uma propriedade. Em outras palavras, se uma propriedade relaciona um indivíduo com outro indivíduo e a propriedade tem uma classe como a sua imagem (range) então o outro indivíduo tem que pertencer a essa classe;
- `rdfs:equivalentProperty`: usado para especificar que duas propriedades são equivalentes;
- `owl:inverseOf`: utilizado para declarar que uma propriedade é o inverso de outra, ou seja, se a propriedade `P1` é a inversa de `P2` e um indivíduo `X` é relacionado ao indivíduo `Y` pela propriedade `P1`, então `Y` é relacionado a `X` por `P2`;
- `owl:transitiveProperty`: usado para definir que uma propriedade é transitiva, isto é, se os pares `(x,y)` e `(y,z)` são ambos instâncias da propriedade transitiva `P`, então o par `(x,z)` também é uma instância de `P`. A propriedade `éUmAncestralDe` é um exemplo de uma propriedade transitiva;

- `owl:symmetricProperty`: define que uma propriedade é simétrica, isto é, se o par (x,y) é uma instância de uma propriedade simétrica P, então o par (y,x) também é uma instância de P. Por exemplo, a propriedade `éAmigoDe` é simétrica;
- `owl:functionalProperty`: define que a propriedade tem cardinalidades mínima zero e máxima 1. Um exemplo desse tipo de propriedade é `temTimePreferido`, onde nem todos teriam um time preferido, mas ninguém pode ter mais que um;
- `owl:inverseFunctionalProperty`: declara que a propriedade é inversamente funcional ou, de outra forma, que o inverso da propriedade é funcional. Por exemplo, `temUmNúmeroDeRG` é inversamente funcional, já que seu inverso, digamos, `éONúmeroDeRG` só tem no máximo um valor para cada indivíduo da classe de números de RG.

2.9 RESTRIÇÕES DE PROPRIEDADES EM OWL

Através das *Property Restrictions* OWL permite a limitação de propriedades como forma de descrever uma classe, isto é, impondo restrições que devem ser obedecidas por todos os indivíduos que dela fazem parte. Essas restrições podem ser de valor (*value constraint*) ou de cardinalidade (*cardinality constraint*).

Os construtores a seguir podem ser usados na especificação desse tipo de restrição de propriedade:

- `owl:allValuesFrom`: utilizado para definir que a propriedade nessa classe em especial tem uma restrição local de imagem (*range*) de valores. Em outras palavras, se uma instância de uma classe está relacionada pela propriedade a um segundo indivíduo, então pode-se inferir que essa segunda instância faz parte da classe de restrição local de valores. Por exemplo, a classe *Pessoa* apresenta a propriedade `temFilha` restringida a ter todos os seus valores (`allValuesFrom`) como sendo da classe *Mulher*;

- `owl:someValuesFrom`: usado para declarar que uma classe tem uma propriedade com uma restrição onde pelo menos um valor dessa propriedade é de um certo tipo. Por exemplo, a classe `ArtigoSobreOntologia` pode ter uma restrição na propriedade `temPalavrasChave` de ter algum valor (`someValuesFrom`) dessa propriedade como sendo uma instância da classe `TópicoOntologia`.

Notar que, diferentemente do OWL *DL* e OWL *Full*, as restrições de cardinalidade em OWL *Lite* são limitadas aos valores zero e um.

2.10 PROJETO ORIENTADO PARA MANUFATURA EM UM AMBIENTE DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA

2.10.1 HISTÓRICO DO DFMA

O Design for Manufacturing and Assembly é uma técnica utilizada durante o desenvolvimento e melhoria de produtos, que tem como objetivo proporcionar a facilidade da manufatura e redução de custos.

Os conceitos da metodologia de *Design for Manufacturing and Assembly* começaram a serem desenvolvidas quando Eli Whitney, que trabalhava para o governo norte americano recebeu a incumbência de desenvolver sistema de manufatura de armas. Ela criou uma produção de peças intercambiáveis que substitui a fabricação manual, onde nenhuma arma era igual à outra e as peças não podiam ser trocadas. Whitney reprojeto cada peça com uma tolerância limitada e dimensões específicas e padronizadas.

Décadas mais tarde, Henry Ford, com o seu automóvel “Model T”, desenvolveu um revolucionário sistema de montagem, onde os veículos eram manufaturados manualmente em uma linha de produção, com peças padronizadas e projetadas para atender este processo. Deste modo, Ford atingiu um excelente resultado reduzindo custos de fabricação com alta confiabilidade, qualidade e simplicidade, tornando-se, então, um dos mais famosos engenheiros do setor automotivo.

Roger W. Boltz foi uma das primeiras pessoas a lançar as bases da metodologia DFM, apesar de ainda não utilizar esta nomenclatura. Boltz publicou diversos artigos sobre vários processos de manufatura do ponto de vista da engenharia de produtos. “Em 1947, todo este material foi compilado em um único

livro chamado “*Production Process*” – the Producibility Handbook”. Este livro foi editado diversas vezes até 1981.

Em 1960, a General Electric lançou o livro “*Manufacturing Producibility Handbook*” e começou a utilizar o termo “*Producibility*” para identificar esta técnica; anos mais tarde, este termo começou a ser substituído por *Design for Manufacturing*.

O Design for Assembly surgiu, tempos depois, com Geoffrey Boothroyd que ampliou a metodologia do *Design for Manufacturing* para a montagem automática, projetando o produto de forma que pudesse atender a esta nova condição. O DFA, além de atender o processo automático, passou também a facilitar a montagem manual dos componentes.

Em 1968, Boothroyd, junto com A. H. Redford, publicaram o livro “*Mechanized Assembly*” em que escreveram um guia para engenheiros e projetistas com as técnicas para desenvolvimento de um produto, atendendo as condições necessárias para a montagem automática e manual.

Boothroyd ficou bastante conhecido ao lado de outro colega Peter Dewhurst, pela enorme contribuição que esta técnica trouxe para o desenvolvimento de produtos. A aplicação da metodologia DFA pode ser considerada como a mais significativa redução de custos e simplificação de produtos de todo *Design for Manufacturing*.

Atualmente, o conceito do *Design for Manufacturing* foi expandido para outras áreas, ficando genericamente conhecido como *Design for Excellence (DFX)*, que engloba o *Design for Manufacturing*, *Design for Assembly*, *Design for Higher Quality*, *Design for Cost*, *Design for Environment* entre outros.

2.10.2 DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY (DFM/DFA)

O objetivo do Design for Manufacturing (DFM) é desenvolver um produto que atenda todos os requisitos funcionais e que também de seja fácil manufatura, o que diminuirá os custos de produção. Esta técnica é composta por vários princípios, conceitos, regras e recomendações que guiam o projetista para o desenvolvimento do melhor produto do ponto de vista da sua fabricação. Já o Design for Assembly

(DFA) tem por objetivo racionalizar a etapa de montagem por meio da redução do número de peças e da facilidade de montagem, analisando separadamente a função, forma, material e montagem de cada uma das peças e assim desenvolver um produto simples e funcional.

Segundo Boothroyd; Dewhurst; Knight (1994) “*Manufacturing*” deve ser entendido como a operação de fabricar um componente individual, enquanto, “*Assembly*” é a simples montagem de mais de um componente formando o produto final; portanto, DFM e DFA devem ser entendidos e aplicados de maneira distinta. Contudo, sempre que possível, o *Design for Manufacturing* e o *Design for Assembly* devem ser usados simultaneamente, visando reduzir a complexidade e o número de peças tanto na fabricação dos componentes como na montagem final do produto e evitando que as modificações do produto sugeridas pelo DFM aumentem a dificuldade do processo de montagem, fazendo com que o DFA não possa ser aplicado na sua íntegra.

O uso do Design For Manufacturing and Assembly traz grandes benefícios ao produto, tais como: melhoria na qualidade, diminuição do número total de peças, simplificação do processo de montagem e do produto, padronização, modularização, confiabilidade e significativa redução de custos de produção e incentivo ao trabalho em equipes multidisciplinares (Engenharia Simultânea).

2.10.3 PRINCÍPIOS E REGRAS DO DFM/DFA

O *Design for Manufacturing and Assembly* leva em consideração a função, forma, o material e a montagem de cada peça de modo a desenvolver um produto funcional e simples, minimizando e/ou incorporando peças do sistema e reduzindo o custo do produto e da montagem. Neste contexto, foram criados vários princípios que auxiliam os projetistas a desenvolver um produto, atendendo os requisitos básicos da metodologia DFMA.

Os princípios utilizados para desenvolver um produto, dentro do contexto do DFMA, são encontrados na literatura. Os tópicos a seguir discutem as principais regras que devem ser aplicadas para conseguir um produto que atenda todas as necessidades do cliente.

1. Minimização do número de peças:

Este é um dos princípios mais evidente e importante de todos, pois com a redução do número de peças, o custo do produto, da montagem e o tempo de montagem também podem ser reduzidos, simplificando o produto final. Sempre que possível, as peças devem ser combinadas, formando o menor número possível para a montagem, eliminando operações de montagens e sub-montagens.

Segundo Boothroyd; Dewhurst; Knight (1994), para se verificar se o componente é realmente necessário no produto, as seguintes perguntas devem ser respondidas. Se a resposta for afirmativa para uma das perguntas, significa que a peça deve continuar separada das demais e que não pode ser eliminada.

1. O componente tem movimento relativo ao conjunto?
2. O material do componente deve ser diferente do material do conjunto?
3. O componente deve ser separado para permitir a desmontagem e remontagem do conjunto?

Sousa (1998) comenta, ainda, que o componente deve permanecer separado dos demais quando existe alguma restrição técnica de manufatura e quando combinação e eliminação dificultam o acesso a outras montagens.

Bralla (1996) cita alguns aspectos que devem ser analisados para combinar as peças de um produto:

1. Incorporar dobradiças: as dobradiças podem ser incorporadas em vários materiais plásticos e flexíveis;
2. Incorporar molas: molas podem ser incorporadas em materiais como metais, plásticos e, em alguns casos, fibras;
3. Uso de elementos de encaixe, incorporados na peça, em troca de parafusos;
4. Incorporar elementos como guias e coberturas.

Em sua obra, Bralla (1996) cita, ainda, um trecho de Stoll que diz:

“Menor número de peças significa menos tudo que é necessário para manufaturar um produto. Isto inclui tempo de engenharia, desenhos e número de peças, controle de produção e inventário; número de pedidos de compra e vendedores; número de caixas, containers, armazém e buffers; número de equipamentos de manuseio e número de movimentos.

2.11 O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Segundo Juran (1990) “as organizações existem para atender às necessidades humanas a partir de seus produtos e serviços”. Pine II (1994) afirma que a expectativa de sobrevivência da organização em uma economia de mercado livre é proporcional a sua capacidade de desenvolver produtos. Essa idéia é reforçada por Yoshimura e Kondo (1995): “companhias de classe mundial esperam ter 40 a 70% de sua receita gerada por produtos que foram desenvolvidos e lançados dentro dos últimos três anos”. Nesse contexto, o desenvolvimento de produtos assume papel importante como fator de competitividade.

2.11.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS – GESTÃO POR PROCESSOS

As primeiras menções acerca da gestão por processos datam da década de 1980. Segundo Meyer (1994), gestão por processos é um conjunto de técnicas metodologicamente utilizadas para monitorar e melhorar continuamente os processos chave, de forma a contribuir significativamente para o desempenho da organização. Rummler e Bracher (1994) afirmam que o objetivo é tornar e manter os processos-chave sob controle, eficientes e eficazes, e adaptáveis às mudanças, para que sempre seja mantida a integridade organizacional do fluxo de atividades da organização.

As ferramentas mais utilizadas para gestão de processos são o fluxograma e o mapa de processos. Este último é o mais útil quando se deseja ver como as atividades de um processo perpassam a estrutura funcional da organização. Kano (1995) descreve o ciclo PDCA (*plan, do, chek e action*) como modelo para implementação da gestão de processos, e Conti (1993) cita como elemento importante da gestão de processos a sistematização das medidas de desempenho.

Akkermans (1995) e Kotler (1994) destacam a importância do processo de desenvolvimento de produtos. Por sua vez, Peixoto (1998) reforça que, nas

organizações que desenvolvem produtos, o processo de desenvolvimento de produtos deve ser priorizado na gestão de processos.

2.11.2 DEFINIÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Juran e Gryna (1992, p. 4) definem o desenvolvimento de produtos como “uma etapa da espiral da qualidade que traduz as necessidades do usuário, descobertas por intermédio de informações de campo, num conjunto de requisitos do projeto do produto para a fabricação”. Deschamps e Nayak (1997, p. 18-19) o definem como “um caos bem organizado que, a partir de interações múltiplas, resulta na criação de um produto, cujo princípio é atender às necessidades dos clientes e garantir a sobrevivência e o crescimento da empresa”.

O fator com maior evidência na literatura sobre influências no gerenciamento do processo de desenvolvimento de produtos, e também o mais amplamente citado, é o grau de inovação do projeto (Pugh, 1996; Clark e Fujimoto, 1991; e Wheelwright e Clark, 1991). Em relação ao grau de inovação da linha atual de produtos da empresa, Wheelwright e Clark (1992) propõem a seguinte classificação:

1) pesquisa e desenvolvimento avançados: processos de desenvolvimento cujo objetivo é o de criar conhecimento (*know-how*) para futuros projetos. Geralmente não têm objetivos comerciais no curto prazo e são inviáveis economicamente;

2) radical: quando são incorporadas grandes inovações no produto e no processo;

3) plataformas ou nova geração: processos de desenvolvimento que incorporam inovações significativas no produto e/ou processo, gerando uma nova família de produtos;

4) derivados: processos de desenvolvimento que criam um novo produto dentro de uma família, ou seja, seguem as características dessa família.

Ulrich (1994) ilustra a extrema complexidade do desenvolvimento de produtos.

Compara o desenvolvimento de uma chave de parafuso elétrica, que exige uma equipe de desenvolvimento composta por seis pessoas com um orçamento de US\$ 30.000,00, e o desenvolvimento do Boeing 777, com orçamento de US\$ 6.000.000.000,00, envolvendo aproximadamente 3 mil pessoas. As técnicas utilizadas no projeto da chave de parafuso seriam inadequadas para o desenvolvimento de uma aeronave a jato, enquanto as técnicas empregadas no caso do avião seriam desajeitadas e burocráticas para o projeto da chave de parafuso.

Cada projeto traz consigo oportunidades de aprendizado. As capacidades existentes na organização limitam a quantidade de projetos que a organização é capaz de executar de forma proveitosa, mas também atuam como a base de ativos sobre a qual a organização erigirá o seu próximo projeto. A execução do projeto cria capacidades que, por sua vez, possibilitam o lançamento de outros projetos bem-sucedidos.

Deve-se lembrar que as organizações e o setor em que elas se inserem evoluem em ritmos diferentes, dependendo, de algum modo, da velocidade com que a organização lança no mercado novos produtos.

Fine (1999, p. 18) define como “velocidade evolutiva dos produtos” a velocidade com que a organização lança novos produtos no mercado. Na Tabela 1.1, a seguir, mostra-se a quantificação da velocidade evolutiva apontada por Fine (1999).

Setor	Velocidade Evolutiva do Setor
Setor de alta velocidade evolutiva	
Computadores pessoais	< 6 meses
Software de engenharia	6 meses
Brinquedos e jogos	< 1 ano
calçados esportivos	< 1 ano
Semicondutores	1 a 2 anos
Cosméticos	2 a 3 anos
Setores de velocidade evolutiva média	
Bicicleta	4 a 6 anos
Automóveis	4 a 6 anos
Sistemas operacionais	5 a 10 anos
Implementos e insumos agrícolas	3 a 8 anos
Fast food	3 a 8 anos
Bebidas	4 a 6 anos
Máquinas e ferramentas	6 a 10 anos
Produtos farmacêuticos	7 a 15 anos
Setores de baixa velocidade evolutiva	
Aeronaves comerciais	10 a 20 anos
Aeronaves militares	20 a 30 anos
Construção naval	25 a 30 anos
Papel	10 a 20 anos

TABELA 2.1 - MENSURAÇÃO DA VELOCIDADE EVOLUTIVA DO SETOR
Fonte: Fine (1999, p. 238)

2.11.3 FASES DO PROJETO DO PRODUTO

Kaminski (2000) define o processo de desenvolvimento de produtos como sendo: “conjunto de atividades envolvendo quase todos os departamentos da empresa, que tem como objetivo a transformação de necessidades de mercado em produtos ou serviços economicamente viáveis”. Ele ainda acrescenta que o desenvolvimento de produtos é uma atividade influenciada e que influencia fatores econômicos, culturais, sociais, tecnológicos e políticos da comunidade a que se destina, mudando hábitos, costumes e até mesmo gerando novas necessidades.

Em sua obra, Kaminski (2000) explica que o desenvolvimento de produto deve considerar todo o ciclo de produção e consumo; deste modo, propõe a divisão do processo de desenvolvimento do produto em sete etapas, que vão desde a busca das necessidades do mercado, até o descarte final do produto, conforme explicado a seguir:

1. *Estudo da viabilidade*: é a primeira fase do desenvolvimento do produto: esta etapa é a responsável por determinar as possíveis alternativas para a solução do problema, identificando as necessidades e especificando as exigências;
2. *Projeto básico*: durante esta etapa os responsáveis devem escolher e especificar a melhor alternativa de todas as propostas anteriores;
3. *Projeto executivo*: esta fase tem por objetivos desenvolver a especificação completa do produto, bem como testá-lo e garantir que está pronto para a produção. Este período do desenvolvimento ainda é propício para realização de alterações que se tornarem necessárias, sem prejuízos econômicos. Contudo, o projeto pode ser ainda abandonado caso o produto não possua condições para a produção;
4. *Planejamento da produção / execução*: esta fase elabora o planejamento da produção, que inclui a compra de todos os equipamentos e dispositivos necessários, determinação do processo de montagem, qualificação dos fornecedores e mão-de-obra, etc.
5. *Planejamento da disponibilização ao cliente*: esta etapa tem como objetivo planejar como o produto irá chegar até o cliente; cabe ao projetista, por exemplo, definir a embalagem, o transporte e a divulgação do produto;
6. *Planejamento do consumo ou utilização do produto*: o projetista deve também prover como o produto será utilizado ou consumido; o produto deve ser de fácil manutenção, alta confiabilidade, segurança, etc.; informações de campo são extremamente valiosas para que o produto possa ser melhorado.
7. *Planejamento do abandono do produto*: o produto pode ser descartado por duas razões, a obsolescência técnica ou desgaste; o caso ideal acontece quando a obsolescência técnica e o desgaste ocorrem ao mesmo tempo; para isso o projetista deve utilizar uma tecnologia adequada para reduzir a velocidade da obsolescência, e projetar para que a vida útil coincida com o tempo de utilização.

Sousa (1998) explica as definições das etapas do processo do projeto e afirma que o “processo deve ser baseado no conceito do ciclo de vida do produto e constituído de seis fases:”

1. *Desenvolvimento / planejamento de especificações*: fase pré-conceitual, onde problema deve ser compreendido para permitir o desenvolvimento das suas soluções;
2. *Projeto conceitual*: a idéia do produto deve ser definida para dar prosseguimento às outras fases do processo;
3. *Projeto do produto*: o projeto conceitual é detalhado e desenvolvido completamente, ficando assim pronto para a fabricação; nesta fase o processo de planejamento da manufatura começa a ser definido;
4. *Produção*;
5. *Uso ou serviço*;
6. *Descarte ou renovação do produto*.

Pahl e Beitz (1998) subdividem as etapas em quatro fases, conforme descritas a seguir:

1. *Esclarecimento da tarefa*: as necessidades do produto são identificadas, especificando dados do projeto;
2. *Projeto conceitual*: a idéia conceitual do projeto é gerada;
3. *Projeto preliminar*: detalhes do projeto conceitual começam a ser desenvolvidos e definidos;
4. *Projeto detalhado*: o projeto preliminar é totalmente desenvolvido dando origem ao produto final.

Deste modo, pode-se notar que, apesar dos autores citados utilizarem nomenclaturas e divisões diferentes, o conteúdo das etapas do desenvolvimento é praticamente igual.

1. *Identificar a necessidade do mercado consumidor*;
2. *Especificar as funções do produto*;
3. *Especificar as características principais do projeto*;
4. *Elaboração da idéia conceitual do projeto*;
5. *Detalhamento da idéia conceitual, definindo alguns detalhes do produto, como por exemplo, sua forma*;

6. *Desenvolvimento final do produto.*

2.12 PROJETO ORIENTADO PARA A MANUFATURA EM UM AMBIENTE DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA

2.12.1 ENGENHARIA SIMULTÂNEA

A necessidade de crescente redução do tempo para o desenvolvimento de produtos e processos, em decorrência da demanda incessante do mercado, tem levado as empresas a buscar alternativas que permitam uma compreensão do tempo gasto entre a concepção e a inovação de bens e serviços (Gaynor, 1992). De fato, para manterem-se competitivas, as empresas são pressionadas a estar na dianteira no lançamento de novos produtos (Kochan, 1991).

Reduzir os prazos se tornou tão, ou talvez mais, importante que diminuir os custos dos projetos. A empresa pioneira no lançamento de um produto tem melhores condições de estabelecer preços que permitam adequado retorno sobre os gastos com desenvolvimento, bem como de assegurar melhor fatia de mercado (Mortimer & Hartley, 1990). Não é coincidência, portanto, o fato de as empresas consideradas excelentes, como a *Ford*, a *General Motors*, a *Mercedes-Bens*, a *Hewlett Packard*, a *Boeing*, a *IBM*, a *Clark*, a *Cofap*, a *Consul*, a *Metal Leve*, a *Brastemp* e tantas outras, estarem integrando às suas práticas de gestão da tecnologia a Engenharia Simultânea (ES) (Wheeler, 1991).

Acredita-se que, para competir com as japonesas, as empresas ocidentais deverão reduzir o tempo de desenvolvimento de seus produtos em cerca de 30% (Mortimer & Hartley, 1990), o que explica, portanto, o interesse despertado por abordagens que permitam reduzir o tempo para o mercado. A *Digital Equipaments*, da Inglaterra, teve de reduzir o seu tradicional prazo de 30 meses para desenvolver uma nova estação de trabalho, na indústria de computadores, para valores entre seis e nove meses, a fim de atender às atuais demandas dos clientes (Kochan, 1991). A *Hewlett Packard* conseguiu, em 1980, reduzir em 70% o tempo necessário para desenvolver um osciloscópio digital quando adotou um enfoque da ES ao invés do uso da tradicional Engenharia Sequencial (Stephen, 1976). Com a utilização da

ES, a Boeing encurtou em um ano e meio o prazo para liberação dos *Boeing-777*, comparativamente ao tempo utilizado para elaboração dos desenhos do *Boeing-767*. Por sua vez, a AT&T reduziu pela metade o prazo para desenvolver o seu sistema 5ESS de comutação eletrônica.

A ES, também chamada Engenharia Concorrente, constitui uma estratégia empresarial orientada a possibilitar a aceleração do processo de desenvolvimento de projetos (Hall, 1991; Ziemke & Spann, 1991 e Prasad, 1996). O termo *Concurrent Engineering* surgiu, historicamente, em 1986, quando foi utilizada pela primeira vez em um relatório do *Institute for Defense Analysis* (IDA). O vocábulo *concurrent* tem o sentido, neste caso, de concomitante. Como em português pode induzir à idéia de concorrência, no sentido de competição entre os integrantes do projeto, torna-se mais interessante traduzi-lo por Engenharia Simultânea (ES) ou Engenharia Paralela, termos também utilizados na literatura sobre o assunto em língua inglesa.

Uma das áreas promissoras para uso da ES é, sem dúvida, a de desenvolvimento de produtos. Todavia, convém ressaltar que essa abordagem se aplica com sucesso a outros tipos de projetos. Diz-se que o projeto bem-gerenciado converge, naturalmente, para a abordagem da ES. As empresas japonesas praticavam-na há muito tempo, sem lhe dar um nome específico. Para elas, atuar segundo os princípios da ES era bom senso e produzia bons resultados para seus **negócios**. Pesquisa realizada no Brasil (Kruglianskas, 1993) também revelou que empresas líderes do setor de autopeças migraram para a ES sem, em muitos casos, possuírem prévio conhecimento teórico sobre essa abordagem. Nessas empresas, a evolução para a ES decorreu de busca por maior racionalidade para conseguir manter e aumentar sua competitividade.

A ES surge, no contexto do setor de desenvolvimento de produtos, em contraposição à abordagem tradicional da Engenharia Seqüencial, na qual o projeto do produto surge segue uma trajetória seqüencial através das diferentes áreas funcionais da empresa. Procura-se, nas figuras 2.1 e 2.2, tornar mais claras a diferença entre as duas abordagens.

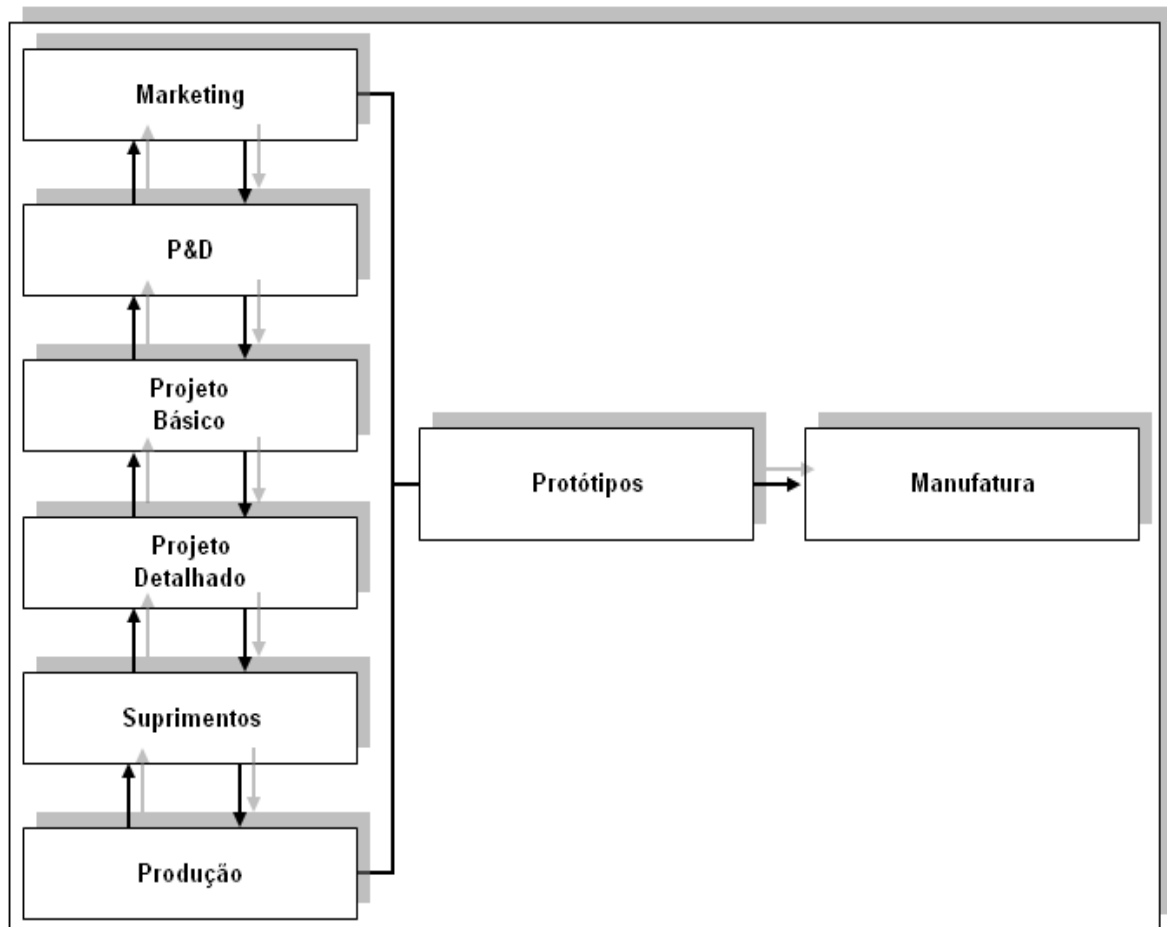


FIGURA 2.2 - FLUXO TÍPICO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA
 Fonte: MORITMER, J. & HARTLEY, J. (1990)

Apesar de não ser essencial para a prática da ES que a empresa realize pesados investimentos em computadores, *softwares* sofisticados e equipamentos de última geração, sem dúvida ela poderá, desde que o orçamento permita, ter benefícios se puder dispor de ferramentas que facilitem e agilizem o processo decisório. O avanço tecnológico está permitindo, cada vez mais, a integração dos membros da equipe do projeto mesmo que geograficamente distantes. Assim, se a empresa for dotada de equipamentos adequados, os técnicos dos clientes, dos fornecedores ou mesmo de diferentes unidades de negócio da empresa, que estejam participando de um projeto de desenvolvimento, podem acessar as especificações e o andamento do projeto instantaneamente, a qualquer momento, mesmo em diferentes continentes, reduzindo a necessidade de reuniões, relatórios, telefonemas, fax ou outras formas tradicionais de intercâmbio de informações.

Além dos sofisticados meios oferecidos pela informática, como o *Computed Aided Design (CAD)* ou o *Computed Integrated Manufacturing (CIM)*, as empresas

que adotam a postura da ES têm explorado, com bastante eficácia, conjunto de conceitos, práticas gerenciais e técnicas, como por exemplo, *Total Quality Management (TQM)*, *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)* e Benchmarking, que podem facilitar e alavancar os resultados propiciados pela ES. Embora os instrumentos e as abordagens mencionados (que, por simplicidade, passarão a ser denominados de técnicas) não sejam específicos da ES, são descritos na literatura como fortemente associados a ela.

Com uma maior progressão na necessidade de sobrepor as atividades e parcerias com fornecedores um avanço de trabalho em novas tecnologias pode ser demonstrado através da Figura 2.3. Isto se destaca no significativo avanço no período de estudo.

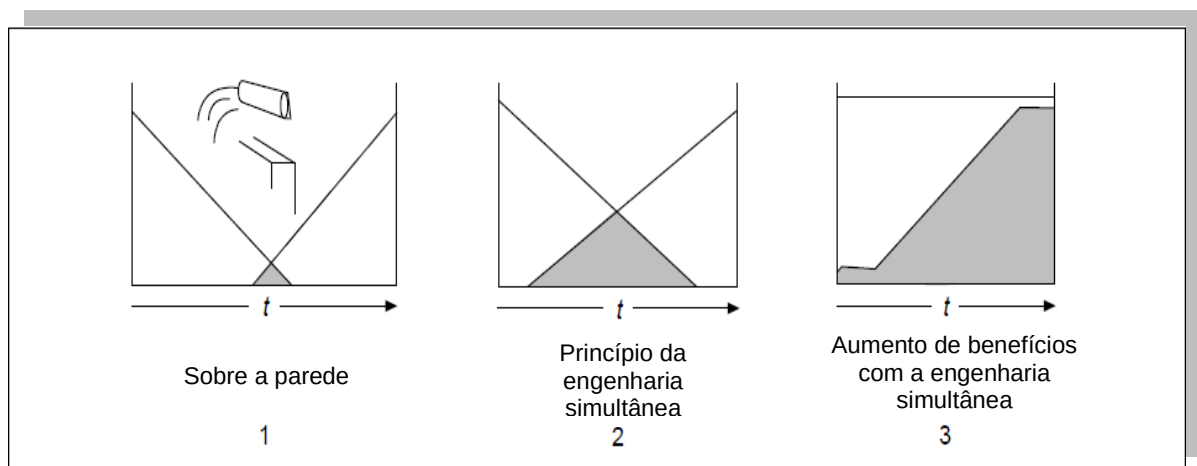


FIGURA 2.3 - PROGRESSÃO ENGENHARIA SIMULTÂNEA
Fonte: MORITMER, J. & HARTLEY, J. (1990)

A Figura 2.4 mostra o real equilíbrio de recurso que seria envolvido em qualquer projeto obviamente dependerá da natureza e composição do projeto. Inicialmente uma grande entrada é exigida de todas as áreas, isto é, necessidades industriais, idéias de fornecedor, necessidades de marketing e planejadores de produtos alimentam a volta de todas as funções relevantes. A partir daí vem a real necessidade, quando os engenheiros de projetos necessitam transformar em projetos reais. Durante estas revisões de período será segurado de quando em quando serão essas necessidades. Uma vez existindo o projeto real logo então, o equilíbrio do recurso de outras áreas pode acumular outra vez rapidamente com os primeiros estudos do produto.

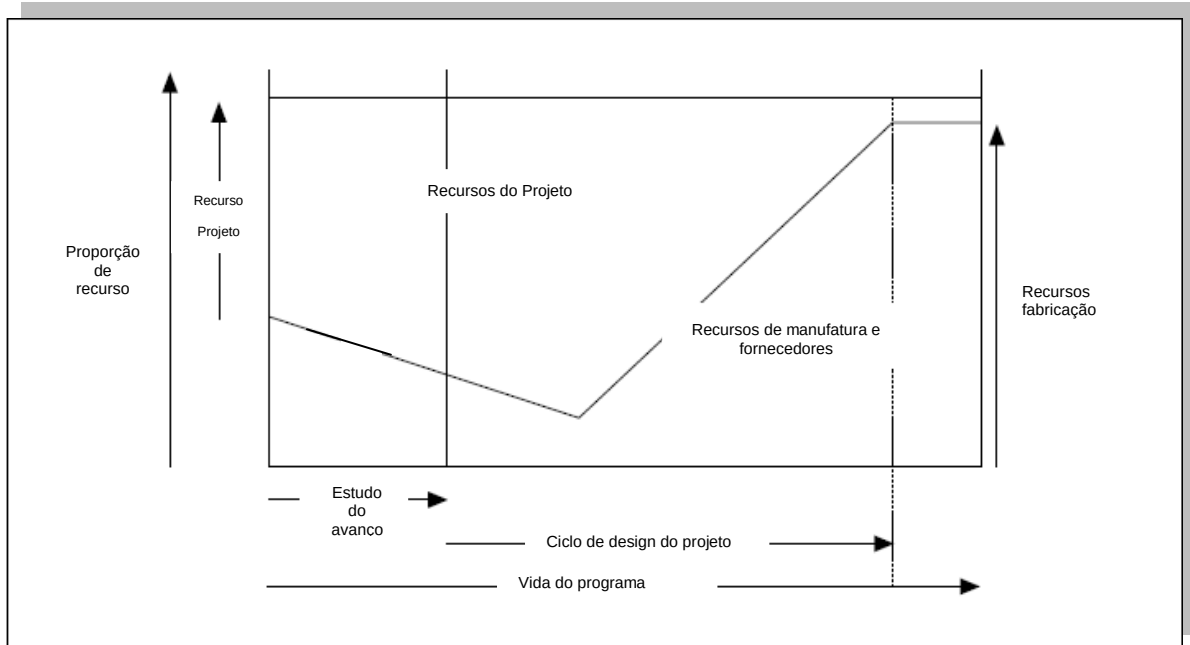


FIGURA 2.4 - ENGENHARIA SIMULTÂNEA
Fonte: MORITMER, J. & HARTLEY, J. (1990)

Sendo este bem-sucedido com o trabalho inicial e o produto encontra seus alvos, então o equilíbrio de recurso balançará longe do projeto de fabricação, de modo que, depois do início de envolvimento de projeto de produção será para baixo cobrindo interesses de fornecedores. Isto somente deve ser uma atividade de manutenção permitindo que o recurso pessoal possa trabalhar no próximo projeto.

2.13 METODOLOGIA CIENTÍFICA ESTUDO DE CASO

Consiste em uma investigação detalhada de uma ou mais organizações, ou grupos dentro uma ou mais organizações, ou grupos dentro de uma organização, com vistas a prover uma análise do contexto e dos processos envolvidos no fenômeno em estudo. O fenômeno não está isolado do seu contexto (como nas pesquisas de laboratório) já que o interesse do pesquisador é justamente essa relação entre o fenômeno e seu contexto. A abordagem de estudo de caso não é um método propriamente dito, mas uma estratégia de pesquisa (SANTO, 1999).

2.13.1 MÉTODOS DE COLETA DE DADOS

- Embora os métodos de coleta de dados mais comuns em um estudo de caso sejam a observação e as entrevistas, nenhum método pode ser descartado. Os métodos de coleta de informações são escolhidos de acordo com a tarefa a ser cumprida (MARCONI, 1999).
- O estudo de caso emprega vários métodos (Por exemplo, entrevistas, observação participante, e estudos de campo) (MARTINS, 2006).
- Dentro da ampla estratégia de pesquisa do estudo de caso, pode-se empregar vários métodos – qualitativos, quantitativos ou ambos – embora a ênfase seja empregar métodos qualitativos, em função dos tipos de problemas que geralmente são associados e melhor compreendidos por meio de estudos de caso. Os métodos mais utilizados são: observação, observação participante e entrevistas (semi-estruturadas ou não estruturadas). Pode-se utilizar também questionários para complementar os dados obtidos a partir de observação e entrevistas (SANTO, 1999).
- O estudo de caso pode ter caráter positivista ou interpretativo, dependendo da perspectiva filosófica do pesquisador. Yin e Benbasat et al defendem a linha positivista do estudo de caso, enquanto Walsham defende o estudo de caso interpretativo (MYERS).

2.13.2 TIPOS DE ESTUDOS DE CASO

Os estudos de caso podem ser identificados por:

- estudo de caso histórico-organizacionais: o pesquisador parte do conhecimento que existe a respeito do objeto a ser estudado;
- estudo de casos observacionais: o pesquisador se utiliza de técnicas de coletas de informações como a observação participante, e outros (TRIVIÑOS, 1987);
- princípios ignorados no passado, hoje são abordados claramente para se realizar estudos de caso de alta qualidade;

- a utilização de várias fontes de evidência, que será citada com mais detalhes a seguir;
- a criação de um banco de dados, que exige dos pesquisadores desenvolver um banco de dados formal apresentável, de forma que outros pesquisadores possam revisar as experiências diretamente e não ficar a relatórios escritos;
- a manutenção de um encadeamento de evidências, o que permite que um observador externo siga a origem de qualquer evidência, indo das questões iniciais da pesquisa até as conclusões finais da pesquisa qualitativa;

Segundo BITTELBRUNN, 2007: 34 os princípios acima citados deveriam sempre ser respeitados frente às fontes de evidências citados a seguir: documentação, registros em arquivo, entrevistas, observação direta, observação participante, artefatos físicos, além de outras fontes como vídeos, fotografias, filmes, técnicas projetivas, testes psicológicos; proxêmica que compreende aspectos culturais, comportamentais e sociológicos do espaço físico ao qual se estuda; cinética, sendo o estudo do movimento corporal não verbal na comunicação, etnografia de rua e histórias vida.

2.13.3 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

- Fenômeno observado em seu ambiente natural;
- Dados coletados por diversos meios;
- Uma ou mais entidades (pessoa, grupo, organização) são examinadas;
- A complexidade da unidade é estudada intensamente;
- Pesquisa dirigida aos estágios de exploração, classificação e desenvolvimento de hipóteses do processo de construção do conhecimento;
- Não são utilizados controles experimentais ou manipulações;
- O pesquisador não precisa especificar previamente o conjunto de variáveis dependentes e independentes;
- Os resultados dependem fortemente do poder de integração do pesquisador;
- Podem ser feitas mudanças na seleção do caso ou dos métodos de coleta de dados à medida que o pesquisador desenvolve as novas hipóteses;

- Pesquisa envolvida em questão “como” e “porque” ao invés de frequências ou incidências;
- Enfoque em eventos contemporâneos.

2.13.4 PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA PARA O ESTUDO DE CASO

Esta sessão apresenta o processo utilizado para concepção e desenvolvimento da pesquisa e das etapas a serem cumpridas para se obter os objetivos propostos, a saber:

- Encadeamento das evidências;
- Construção da teoria preliminar de pesquisa;
- Delimitação do perfil da amostra e universo estudado

2.13.5 ENCADEAMENTO DE EVIDÊNCIAS

Um agente investigador ou um detetive segue vestígios, faz diligências, indaga, pesquisa, examina com atenção, esquadrinha situações para achar as causas de um fato e assim elucidar um fenômeno. Terá êxito se houver consistência entre as etapas (encadeamento de evidências) das conclusões para as questões iniciais, ou, inversamente, das questões para as conclusões. Analogamente, um pesquisador científico precisa construir um encadeamento de evidências a fim de aumentar a confiabilidade das informações de seu estudo de caso.

Essa confiabilidade no estudo de caso poderá ser garantida pela utilização de várias fontes de evidências, sendo que a significância dos achados terá mais qualidade ainda se as técnicas forem distintas. A convergência de resultados advindos de fontes distintas (MARTINS, 2006). A Figura 2.5 apresenta os fatores que se relacionam diretamente com o fator.



FIGURA 2.5 - ENCADEAMENTO DE EVIDÊNCIAS
 Fonte: YIN (2005)

2.13.6 CONSTRUÇÃO DA TEORIA PRELIMINAR DA PESQUISA (GROUNDED THEORY)

A estrutura teórica em qualquer disciplina científica deve preexistir para que a pesquisa pertinente a ela possa desenvolver-se (SANTO, 1999).

As proposições idealizadas pelo pesquisador quando do início de uma investigação de um Estudo de Caso – sua teoria preliminar – precisam ser colocadas para testes e demonstrações a partir das evidências empíricas coletadas e da plataforma teórica admitida. Ou seja, o pesquisador envidará esforços para construir uma teoria, a partir das proposições iniciais sobre perspectivas consideradas no Estudo de Caso. A teoria de *Grouned Theory* visa desenvolver uma teoria sobre a realidade que se está investigando – Estudo de Caso - a partir de dados coletados pelo pesquisador sem considerar hipóteses preconcebidas (MARTINS, 2006).

A coleta seletiva dos dados se faz necessário para gerar teoria. Essa coleta seletiva tem como ponto de partida a decisão inicial de coleta de dados, a qual é baseada apenas em uma perspectiva sociológica geral da área ou dos sujeitos a serem pesquisados, ou seja, a decisão inicial não é baseada em uma estrutura teórica preconcebida. Dessa maneira o pesquisador coleta, codifica e analisa seus dados. Com base na análise dos primeiros casos, decide qual o próximo dado a coletar e onde encontrá-lo. À medida que o pesquisador compara vários casos, a teoria vai emergindo (GLASER, 1992).

2.13.7 DETERMINAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DA PESQUISA

A determinação e formulação do problema é um momento fundamental em um projeto de pesquisa, caracterizando de forma mais desdobrada o conteúdo da problemática que se vai pesquisar e estudar, indicando exatamente qual a dificuldade que se pretende resolver (*apud* MARCONI e LAKATOS, 2002; SEVERINO, 2004; BITTELBRUNN 2007).

Um levantamento bibliográfico foi efetuado sobre o tema Ontologias com a finalidade de relacionar com a proposta ontológica para suporte ao projeto de produtos plásticos rotacionais de paredes finas, fornecendo assim um embasamento teórico para a presente pesquisa, estando a sua relevância apontada no capítulo 1.

A formulação do problema se deu em virtude da necessidade de desenvolver uma ontologia partindo do domínio de moldabilidade, ou seja, onde estão contidas as informações geométricas, propriedades físicas e coordenadas dos pontos para o domínio do projeto de cavidade do molde.

CAPÍTULO 3 - MODELO ONTOLÓGICO CONCEITUAL PROPOSTO DO PROJETO ORIENTADO PARA A MANUFATURA DE PEÇAS PLÁSTICAS ROTACIONAIS DE PAREDES FINAS

Este capítulo apresenta a formação conceitual do domínio e as informações que devem conter sobre o produto plástico que será incorporado no projeto do molde, certificando-se que o molde poderá ser usado repetidamente para satisfazer as propriedades e outros requerimentos da engenharia do produto. Ela foi considerada como o ponto de partida para a exploração dos problemas na abordagem em múltiplas vistas e deverá conter toda informação relativa à sua moldabilidade.

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO PARA FORMAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL

No futuro, Sistemas Computacionais de Projetos Orientado para manufatura devem dar apoio para múltiplos processos, pois o projeto orientado para manufatura envolve considerações de diferentes perspectivas do produto, assim é cada vez mais necessário equilibrar e integrar o trabalho com múltiplas vistas ou perspectivas do produto. Essa visão é apoiada pelo trabalho de Rosenman e Gero (1996), que explorou a abordagem de múltiplos pontos de vista em um projeto arquitetônico.

Uma das abordagens para o projeto orientado para manufatura com múltiplas vistas é baseada no uso dos sistemas agentes (*agent systems*). Sistemas agentes têm sido definidos de maneiras diferentes pelos pesquisadores, mas a definição que melhor se encaixa neste contexto é “O Sistema agente é visto como um sistema capaz de ação inteligente geral”, ou é “um tipo de sistema de base de conhecimento” (WOLDRIDGE; JENNININGS, 1995). Porém as comunicações ou transferências de informação entre diferentes domínios continuam causando problemas devido à diversidade de pesquisa envolvendo o desenvolvimento de sistemas CAE (*Computer Aided Enginnering*). Foi reconhecido tanto por pesquisadores como pelas comunidades que é necessário um sistema de informação avançado para integrar e

coordenar várias considerações do ciclo de vida durante a realização do produto (KRAUSE *et al.*, 1993). Por mais de duas décadas, a ISO (*International Organization for Standardization*) tem trabalhado no desenvolvimento do padrão STEP (*Standard for The Exchange of Product Model Data*), que é fortemente focado em intercâmbio de dados entre sistemas.

Isso também é importante para que os modelos de produtos, no futuro, sejam capazes de trabalhar com múltiplas vistas de representação do produto. Um importante aspecto da pesquisa dentro do sistema CAE de informação dirigida é, sobretudo, desenvolver modelos de produtos que possam capturar diferentes perspectivas do produto. Esse aumento da funcionalidade do sistema pode ser atingido através do compartilhamento de informações relativas a representações dos diferentes aspectos do produto no modelo de produto. A comunidade STEP também reconheceu que existe a necessidade de compartilhar informações e integrar diferentes pontos de vistas dos produtos, como evidenciado no trabalho do grupo WG10 ((ISO 18629-1).

Pesquisas baseadas na modelagem do produto são tipicamente focadas na definição da estrutura da informação do produto, que conduzirá a uma aplicação particular. A Figura 3.1 representa de forma genérica a estrutura do modelo conceitual que está sendo desenvolvida nessa pesquisa.

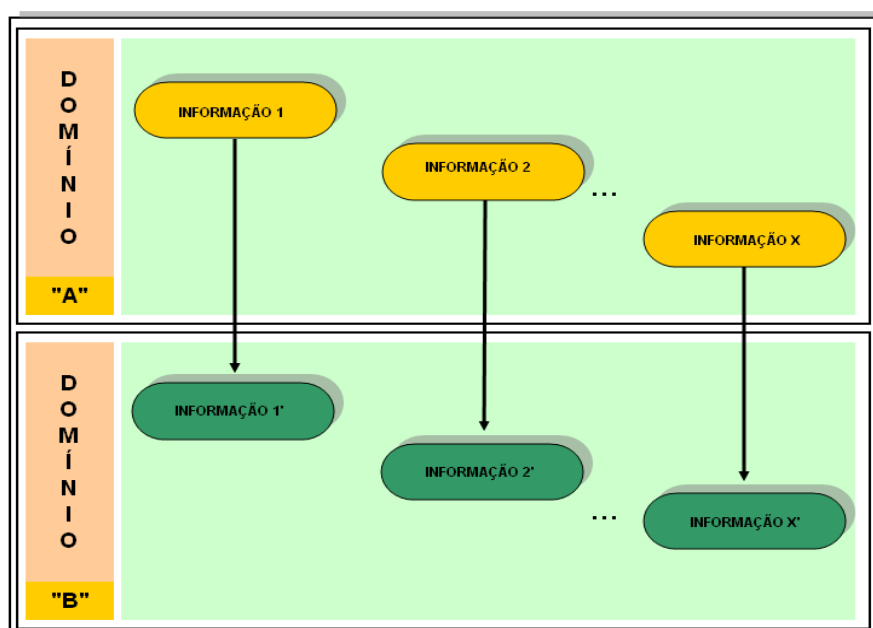


FIGURA 3.1 - MODELO CONCEITUAL GENÉRICO

Fonte: o autor

A injeção de plástico é uma área importante da engenharia de produto, porque ela cobre muitas outras subáreas específicas. Essa área abriu oportunidades para pesquisadores explorarem problemas de múltiplos pontos de vista devido à diversidade e complexidade dos problemas relacionados com peças plásticas e suas modelagens de manufatura. Pratt et al. (1993) desenvolveu um conhecimento para o exame da manufaturabilidade e processabilidade das peças, mas a pesquisa ficou restrita ao projeto de peças plásticas. Weinten e Manoochehri (1996) apresentaram uma metodologia para definir somente a linha de partição do molde baseada na geometria da peça plástica. Lee et. al. (1997) apresentaram uma metodologia sistemática, com base no conhecimento tecnológico de injeção de plástico, para projeto de produtos e moldes de injeção plástica em um ambiente de engenharia simultânea, não mostrando, todavia, como a geometria da peça plástica pode ser convertida para o projeto do molde.

Esta dissertação está focada em duas áreas relacionadas com o produto e moldes para injeção de plásticos: o projeto da peça plástica e o projeto da cavidade do molde. Nestas áreas existe um número específico de domínios que devem ser endereçados a fim de resolver as interações existentes entre as diferentes vistas do produto, como ilustra a Figura 3.4.

3.2 FORMAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL ONTOLÓGICO PARA PEÇAS DE PLÁSTICO DE PAREDE FINA ROTACIONAIS

A vista da moldabilidade deve conter as informações sobre o produto plástico que será incorporado no projeto do molde, certificando-se que o molde poderá ser usado repetidamente para satisfazer as propriedades e outros requerimentos da engenharia do produto. Ela foi considerada como o ponto de partida para a exploração dos problemas na abordagem em múltiplas vistas e deverá conter toda informação relativa à sua moldabilidade.

As “*features*” de moldabilidade são definidas como um conjunto de características para auxiliar a aplicação do projeto orientado para a moldabilidade.

Para iniciar a exploração do problema na vista da moldabilidade, primeiramente é necessário entender os tipos de “*features*” de moldabilidade

apresentados na literatura, entender que informação e característica cada “*feature*” deverá conter e entender as relações entre eles. Nesse contexto, uma “*feature*” de parede é considerada uma “*feature*” primária, porque o produto plástico, na maioria das vezes, é composto principalmente por paredes. Os reforços como nervuras e ressaltos circulares, bem como os furos, só podem existir na parede e por essa razão foram classificados como “*features*” modificadoras.

A informação da moldabilidade deve auxiliar a aplicação do projeto para moldabilidade, que também auxilia o projeto do molde.

A Figura 3.2 apresenta toda a estrutura do domínio do projeto da peça plástica que foi utilizada para a conversão do domínio da moldabilidade e a Figura 3.3 apresenta a estrutura do domínio do projeto da peça plástica no domínio da moldabilidade geometricamente modelada no cad.

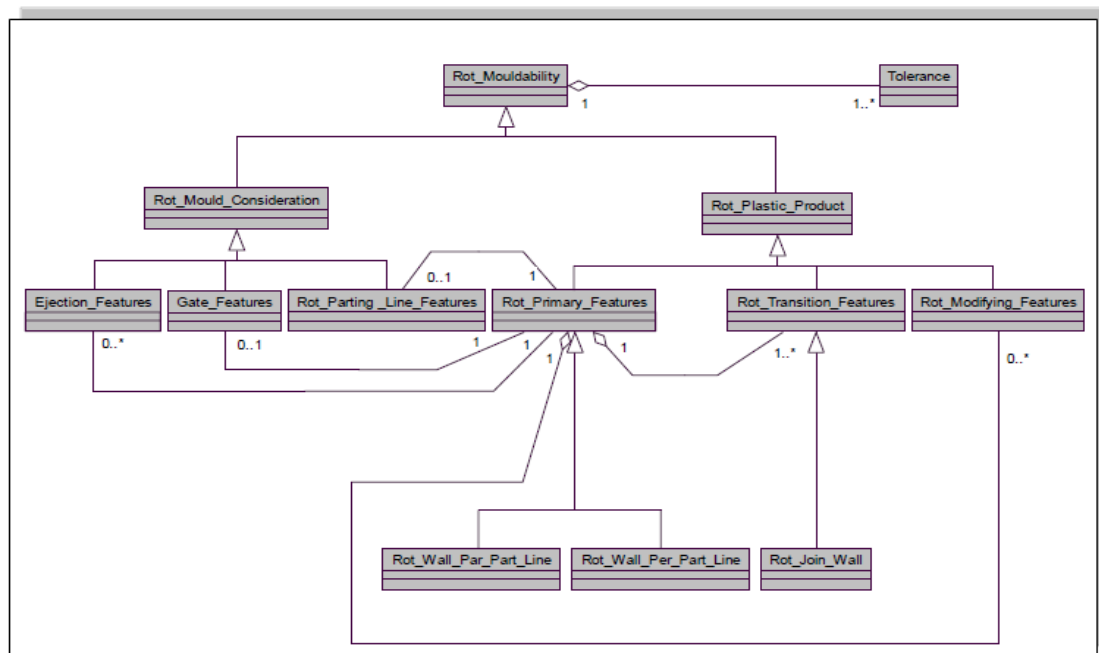


FIGURA 3.2 - ESTRUTURA DO DOMÍNIO DO PROJETO DA PEÇA PLÁSTICA (MOLDABILIDADE)

Fonte: o autor

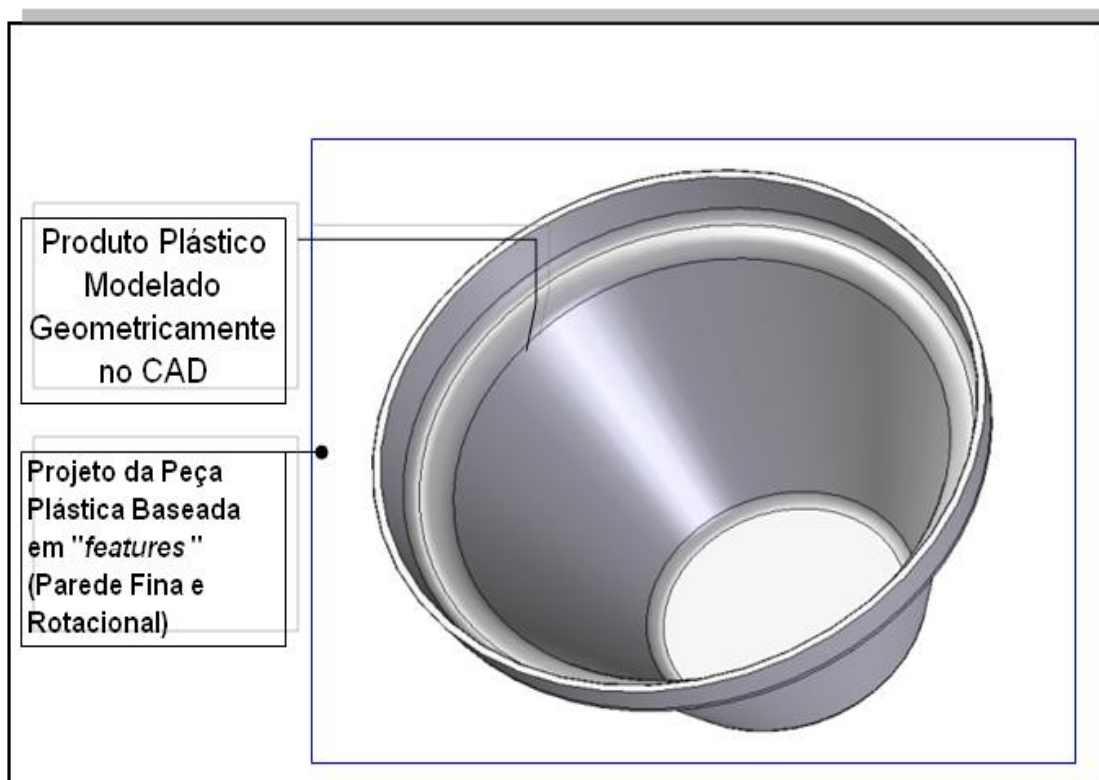


FIGURA 3.3 - EXEMPLO DA ESTRUTURA DO DOMÍNIO DO PROJETO DA PEÇA PLÁSTICA (MOLDABILIDADE)

Fonte: o autor

3.3 FORMAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL ONTOLÓGICO PARA A CAVIDADE DO MOLDE DE PEÇAS ROTACIONAIS

A vista do projeto do molde é o segundo ponto a ser estudado numa abordagem exploratória de domínios múltiplos. Nele, deve-se conter toda a informação relativa ao projeto da cavidade do molde de injeção, que pode ser dividido em sistemas como impressão, alimentação, extração, resfriamento, etc. O molde de injeção de plástico pode ser padronizado em duas placas, moldes de cavidades bipartidas e moldes com cavidade dividida em mais duas partes, entre outros.

A Figura 3.4 mostra a definição da estrutura de dados do domínio da cavidade do molde para que o diâmetro da sua tolerância seja requerido uma distância entre os dois pontos de fixação.

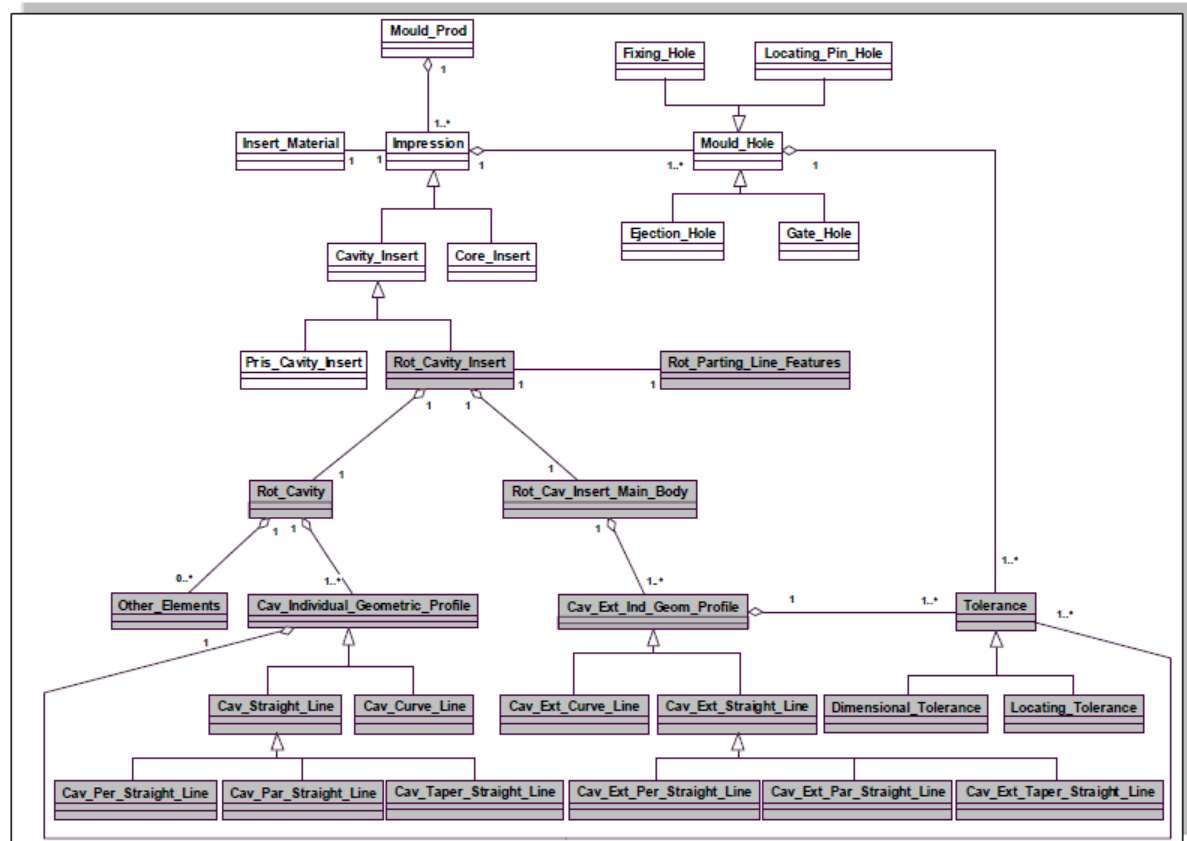


FIGURA 3.4 - ESTRUTURA DO DOMÍNIO DO PROJETO DO INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE
Fonte: o autor

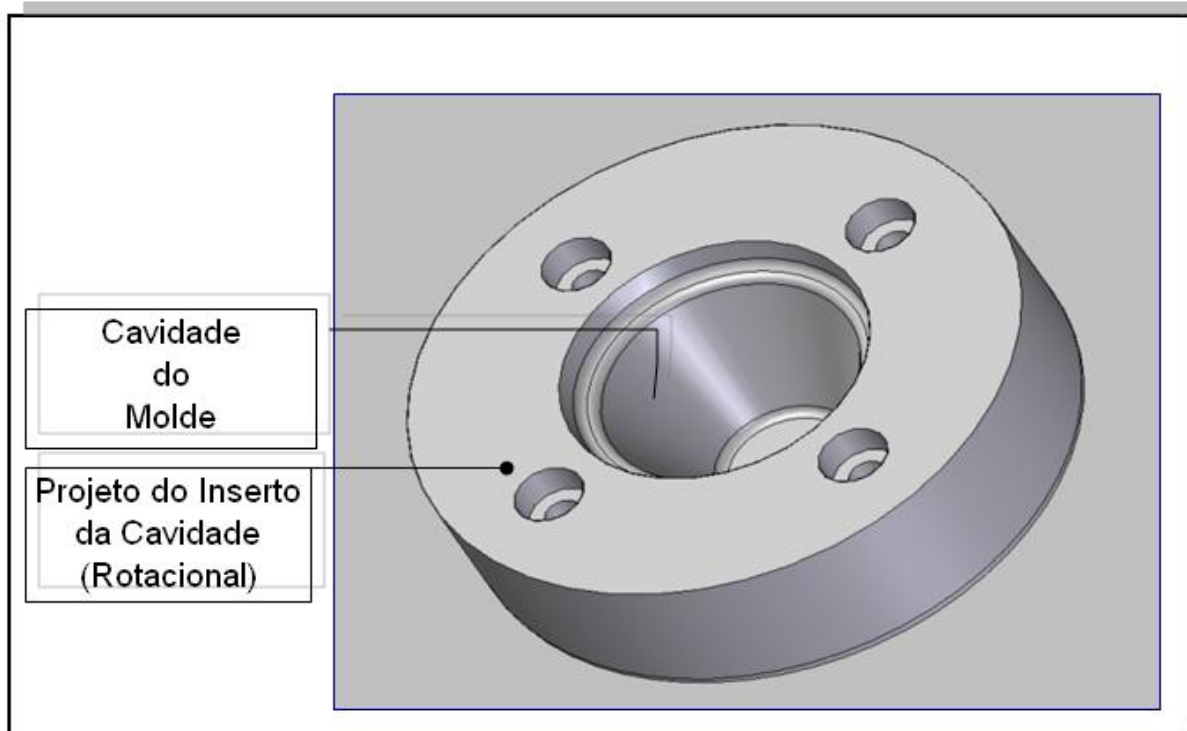


FIGURA 3.5 - EXEMPLO DA ESTRUTURA DO DOMÍNIO DO PROJETO DO INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE

Fonte: autor

Para manipular a informação existente no projeto de molde, primeiro é preciso entender quais informações são necessárias em cada estrutura de classe de projeto de molde, entender as relações existentes entre essas classes e como manipular a informação de maneira que coopere com suas interações. Essa informação não representa somente o projeto do inserto, mas também como ela será utilizada no auxílio da manufatura do inserto do molde (*cavity insert*).

A Figura 3.5 apresenta a estrutura do domínio do projeto do inserto da cavidade do molde e o projeto do inserto da cavidade do molde de forma definida adquirida através das informações da sua estrutura hierárquica.

A Figura 3.6 ilustra a redefinição da taxonomia da moldabilidade de produtos rotacional que apresenta quatro subtipos. A classe do produto plástico rotacional é a responsável por toda a informação da moldabilidade relatada, exclusivamente para a parte plástica.

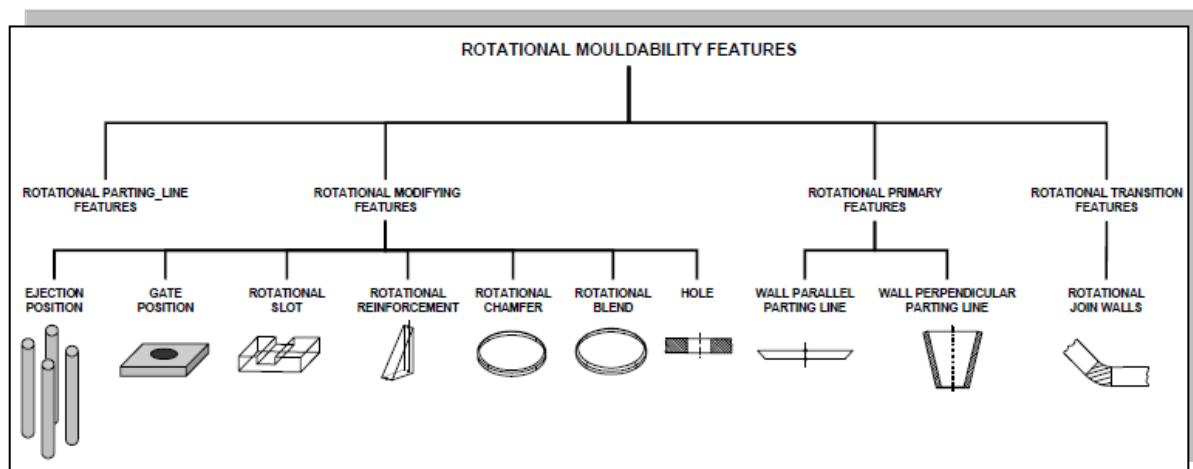


FIGURA 3.6 - TAXONOMIA DA MOLDABILIDADE PARA PRODUTOS ROTACIONAIS

Fonte: LEE (1996)

3.4 MODELO CONCEITUAL PARA CONVERSÃO DE INFORMAÇÃO ENTRE OS DOMÍNIOS (PROJETO DA PEÇA PLÁSTICA E PROJETO DA CAVIDADE DO MOLDE)

O projeto da peça plástica e o projeto (*moldabilidade*) e o projeto do inserto da cavidade do molde (*insert cavity*) tem aberto oportunidades para exploração de problemas em múltiplos pontos de vistas e complexidades relacionadas nas partes

plásticas (Pratt et. al. 1993). Tem desenvolvido também estimativas para a processabilidade das partes.

Para tanto, é fundamental conhecer todas as informações contidas nos respectivos domínios, de forma a certificar-se a sua utilização está de acordo com as especificações e os relacionamentos que são explorados desde a estrutura do domínio do projeto da peça plástica até o domínio do projeto do inserto da cavidade do molde.

A Figura 3.7 realça os dois diferentes domínios que foram escolhidas para a exploração dos problemas/desafios existentes entre o domínio da moldabilidade e o domínio do inserto da cavidade do molde. Ela tem a função de capturar informações específicas, incluindo a da descrição da modelagem de “*features*”.

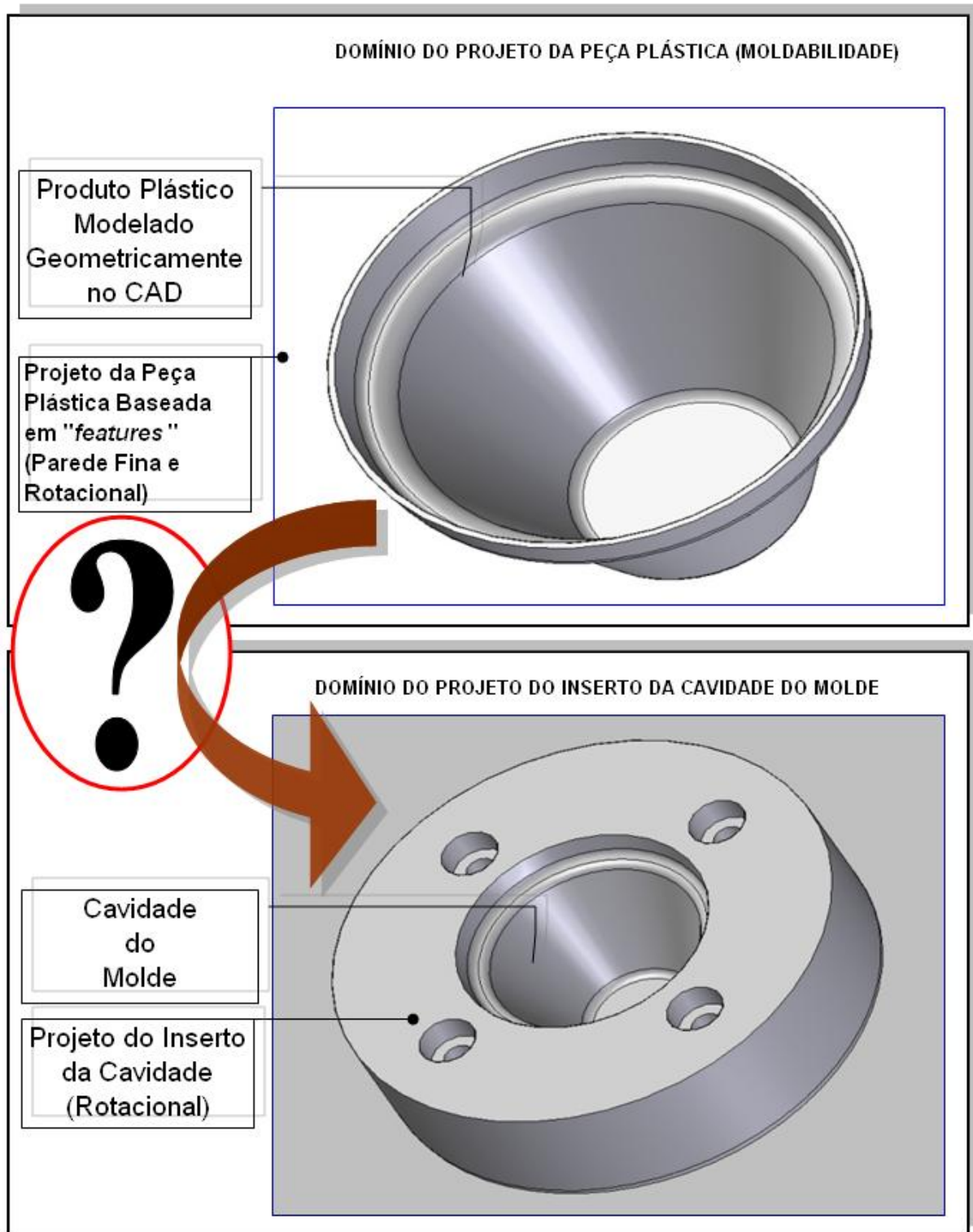


FIGURA 3.7 - MODELO CONCEITUAL DO PROJETO

Fonte: o autor

O molde é uma composição de muitos sistemas, cada um requer um range de informação. Algumas dessas informações são comuns e podem ser usadas por mais de um sistema devido à correlação existente entre elas.

CAPÍTULO 4 – IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO ONTOLÓGICO CONCEITUAL PROPOSTO DO PROJETO ORIENTADO PARA A MANUFATURA DE PEÇAS PLÁSTICAS ROTACIONAIS DE PAREDES FINAS

Este capítulo apresenta os procedimentos de implementação dos modelos ontológicos. Primeiramente será abordado o modelo ontológico do domínio do projeto de peças plásticas rotacionais de paredes finas (moldabilidade). Segundo uma abordagem sobre a estrutura de dados rotacional e os seus respectivos relacionamentos e o modelo ontológico do domínio do projeto do inserto da cavidade do molde. Por fim, apresenta-se os mecanismos de conversão entre os domínios (moldabilidade e projeto do inserto da cavidade do molde).

4.1 *MODELO ONTOLÓGICO DO DOMÍNIO DO PROJETO DE PEÇAS PLÁSTICAS ROTACIONAIS DE PAREDES FINAS (MOLDABILIDADE)*

A implementação do domínio da moldabilidade foi baseada nos conceitos e características conforme descrito no item 3.2 e representado pela Figura 4.1.

Cada classe tem sua própria estrutura e todos foram implementados. A Figura 4.1 detalha um exemplo da estrutura da classe da moldabilidade rotacional (*Rotational_Moldabilidade_Feature*) e apresenta a abertura das hierárquias da moldabilidade de consideração rotacional, do produto plástico rotacional bem como a estrutura de dados da moldabilidade rotacional.

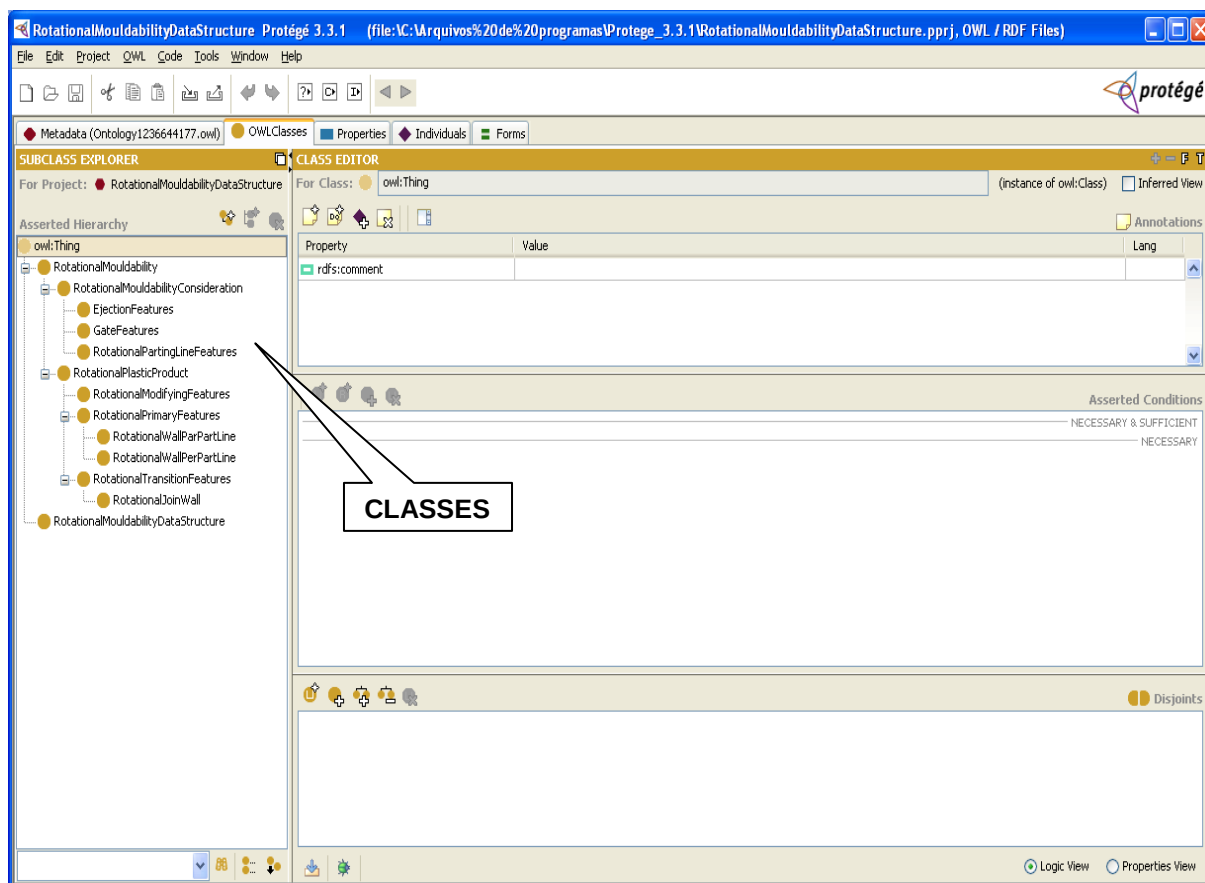
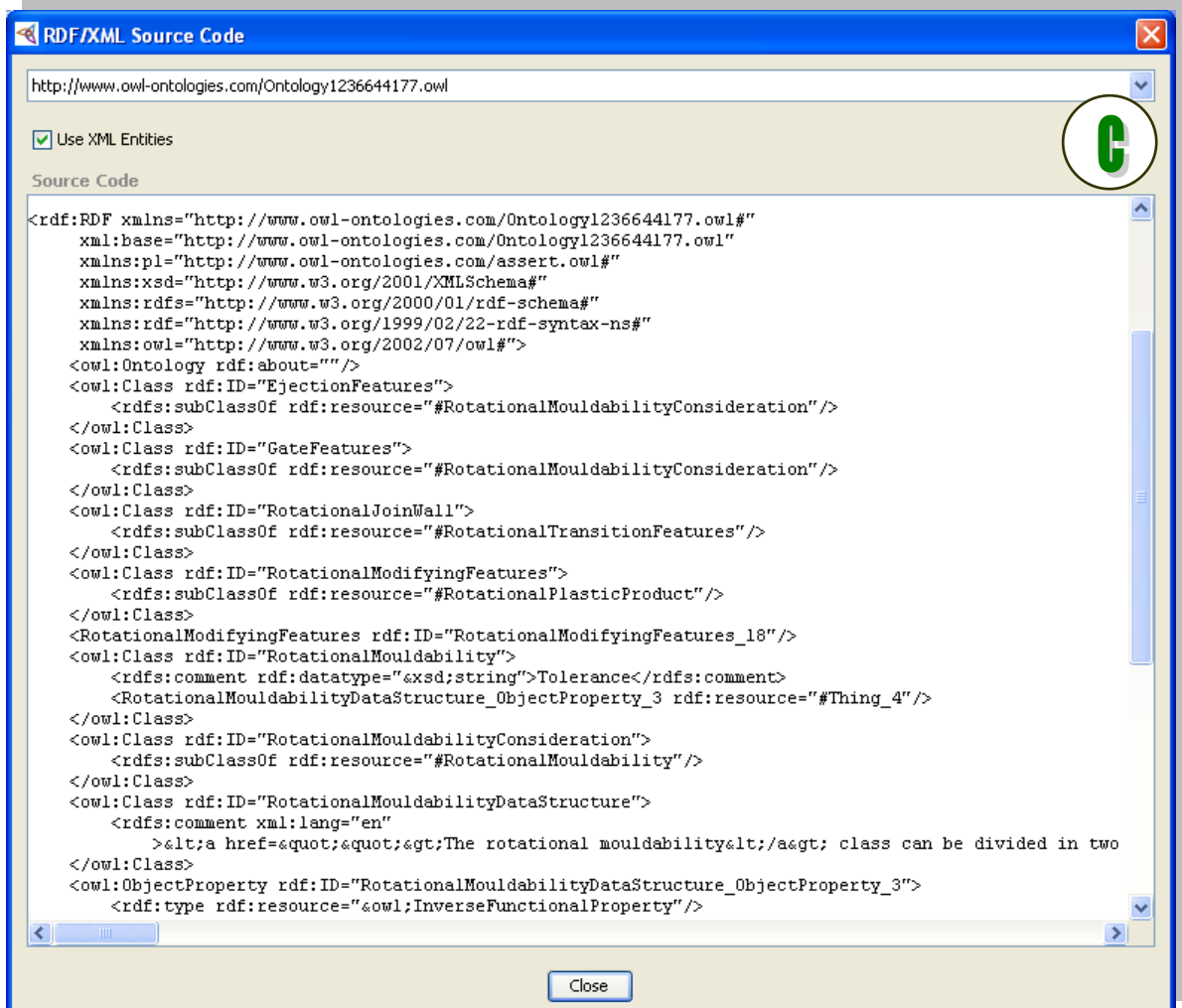
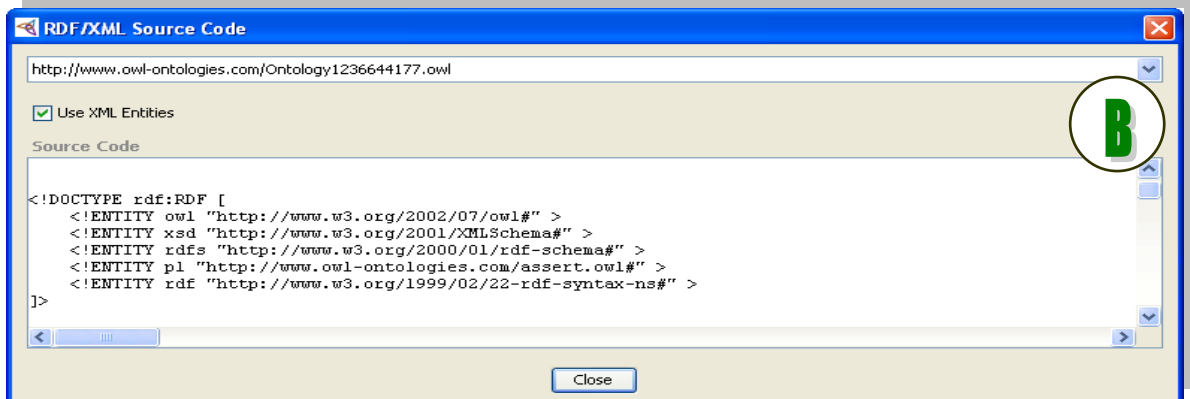
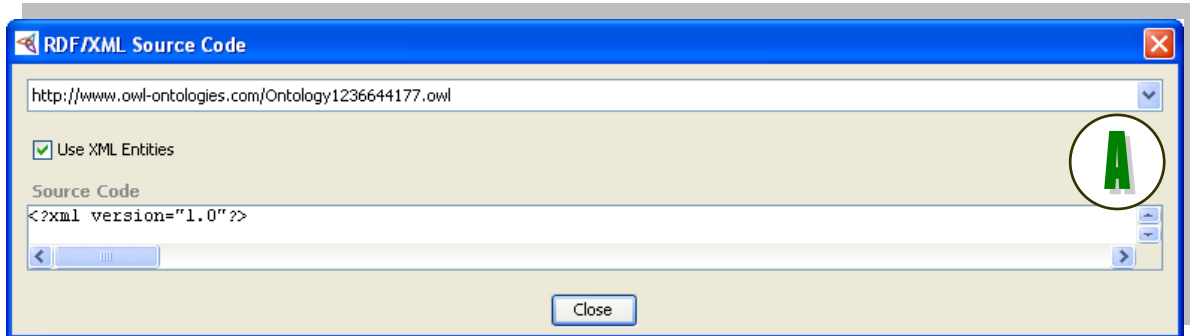


FIGURA 4.1 - DOMÍNIO DA MOLDABILIDADE PROTEGE

Fonte: o autor

Os códigos de cada “features” da classe de moldabilidade está descrito na Figura 4.2 que serão anexadas no apêndice. Também na Figura 4.2, são representadas as regiões “A”, “B” e “C”. A região “A” é usada para o nome e definição da versão da classe. A região “B” é usada para definição dos atributos e repositórios do software, onde são concedidos atributos particulares dos objetos. A região “C” é usada para definir o tipo de relacionamento dessas classes com outras associações. Por exemplo, na região “C” é perceptível uma relação entre a “Consideração da Mouldabilidade Rotacional”, “Produto de Plástico Rotacional”, “Transição Rotacional”



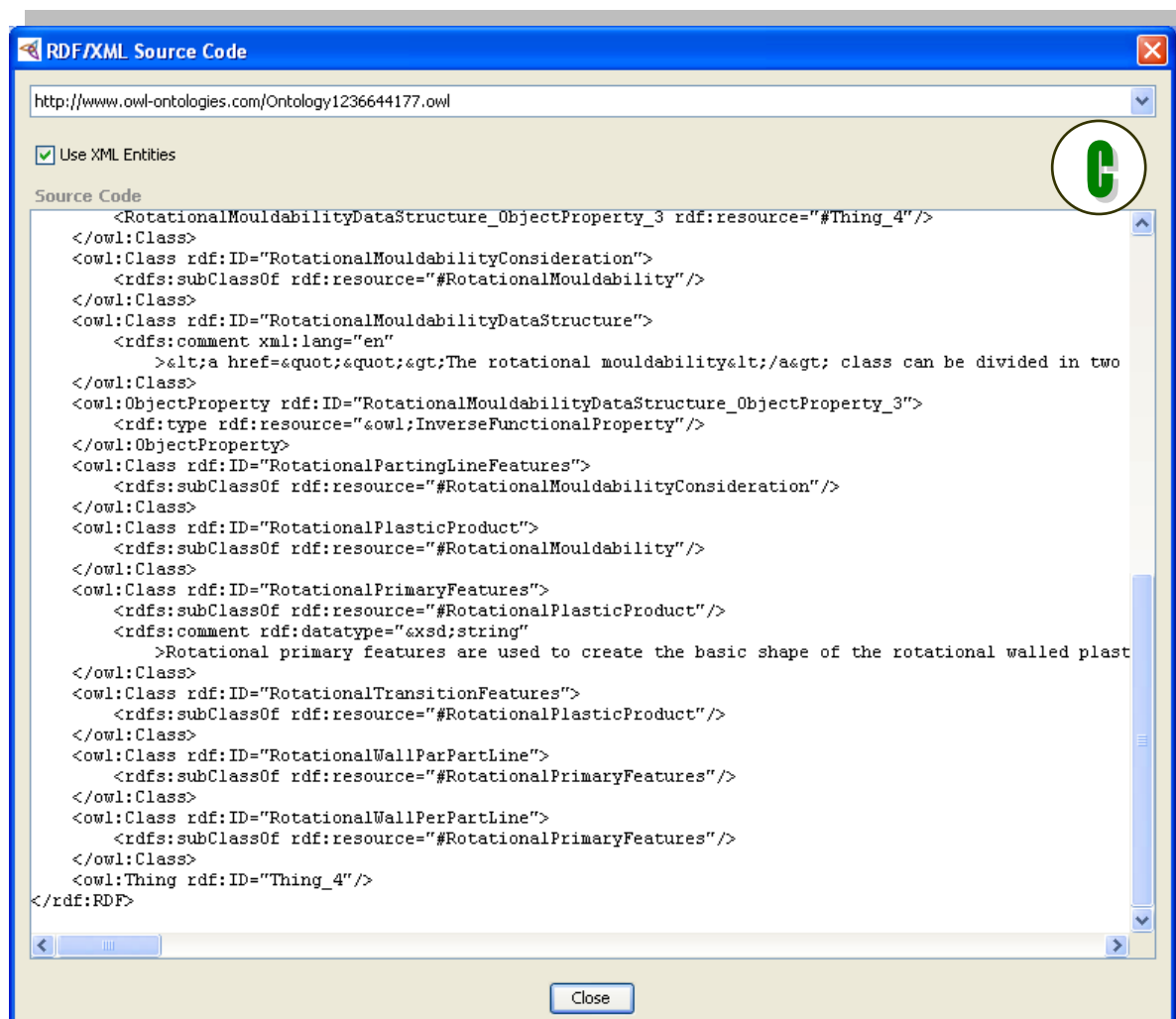


FIGURA 4.2 - ESTRUTURA DA MOLDABILIDADE ROTACIONAL

Fonte: o autor

A FIGURA 4.2 está representada a hierarquia de classes das quais recursos podem ser instâncias. Esse tipo de representação é a base onde em que é construído um dos componentes principais para a ontologia.

As funções membros são escritas em arquivos de códigos fonte. Esses arquivos fontes têm alguns nomes de classe com extensão "owl" e cada uma usada para esse exemplo tem o objetivo de buscar todas as "features" de moldabilidade rotacional especificado na Figura 4.3.

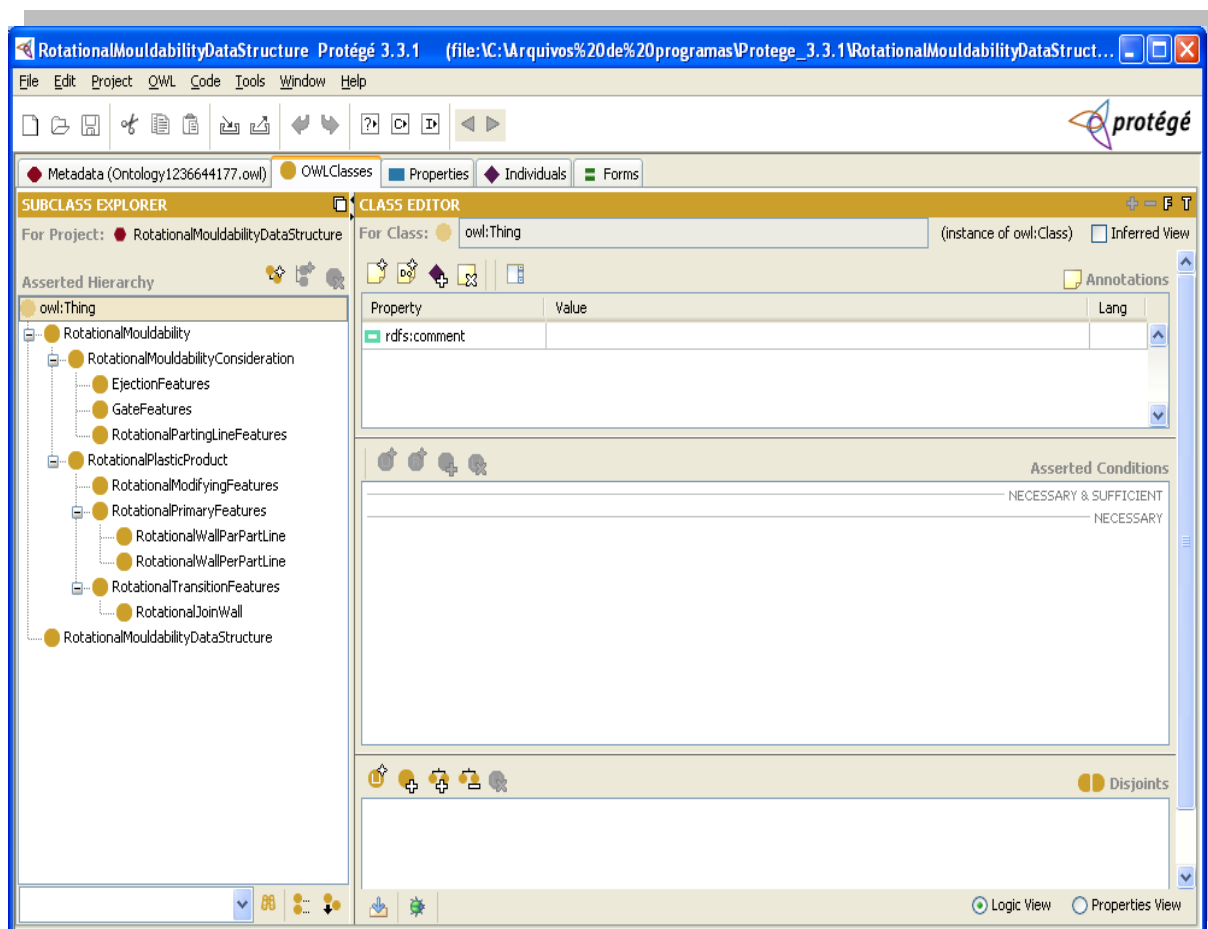


FIGURA 4.3 - ESTRUTURA DA MOLDABILIDADE ROTACIONAL

Fonte: o autor

4.1.1 ESTRUTURA DE DADOS DA MOLDABILIDADE ROTACIONAL

Neste item, será abordado a estrutura de hierarquia da moldabilidade rotacional conforme descrita na Figura 3.2. A Figura 4.3 apresenta na sua parte superior, “moldabilidade rotacional” (*Rotational Mouldability*). A moldabilidade rotacional pode ser dividida em duas classes, classes dos produtos plásticos rotacionais (*Rotational Plastic Product*) e classe da consideração do molde rotacional (*Rotational Mouldability*). A classe do produto plástico rotacional é responsável por todas as informações da moldabilidade aqui relatada em exclusivo da parte plástica. Para a classe dos produtos plásticos rotacionais foram considerados a “feature” primária rotacional (*Rotational Primary Features*), “feature” de modificação rotacional (*Rotational Modifying Features*) e a “feature” de transição rotacional (*Rotational Transition Feature*) sendo estas herdadas da classe dos produtos plásticos rotacionais. A classe da consideração da moldabilidade rotacional

(*Rotational Mouldability Consideration*) é responsável por toda informação relatada totalmente com o molde e foram consideradas as “*features*” de linha de partição rotacional (*Rotational Parting Line Features*), portão de entrada (*Gate Features*), “*features*” de injeção (*Ejection Features*).

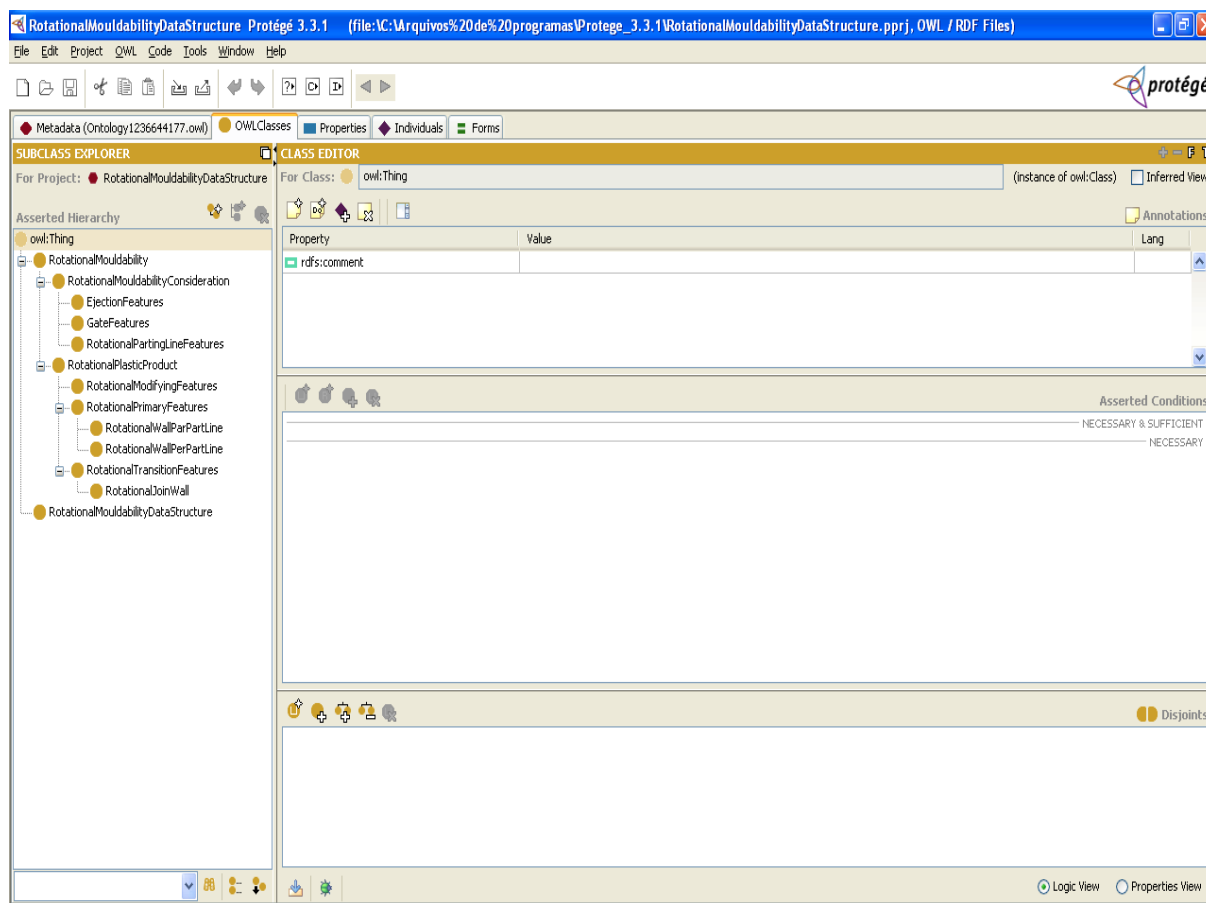


FIGURA 4.4 - HIERARQUIA DA MOLDABILIDADE ROTACIONAL

Fonte: o autor

“*Features*” primária rotacional (*Rotational Primary Features*) são utilizadas para criação de um formato básico das paredes plásticas com respeito às restrições para a moldabilidade. Mas, entre as duas “*features*” principais existe uma conexão. Essa conexão pode ser definida usando a “*feature*” de transição rotacional (*Rotational Transition Features*) na qual, liga-os em ordem para gerar precisamente a superfície interna e externa do produto plástico, contudo, somente a principal “*feature*” rotacional pode agregar uma ou mais “*feature*” de transição rotacional.

Outro aspecto importante a ser explorado no domínio da moldabilidade é o relacionamento entre “*feature*” primária rotacional (*Rotational Primary Features*) e a “*feature*” de modificação rotacional (*Rotational Modifying Features*), conforme

destacado na Figura 4.5 é que a primeira é basicamente rotacional a parede e que pode ser perpendicular ou paralela com a linha de partição (*Parting Line*). No entanto, dependendo do formato requerido pelo produto plástico a parede – “feature” principal (*Primary Feature*) pode ser modificada. Essa modificação pode ser feita usando a “feature” de modificação rotacional (*Rotational Modifying Feature*), cuja função é basicamente modificar a “feature” principal (*Primary Feature*).

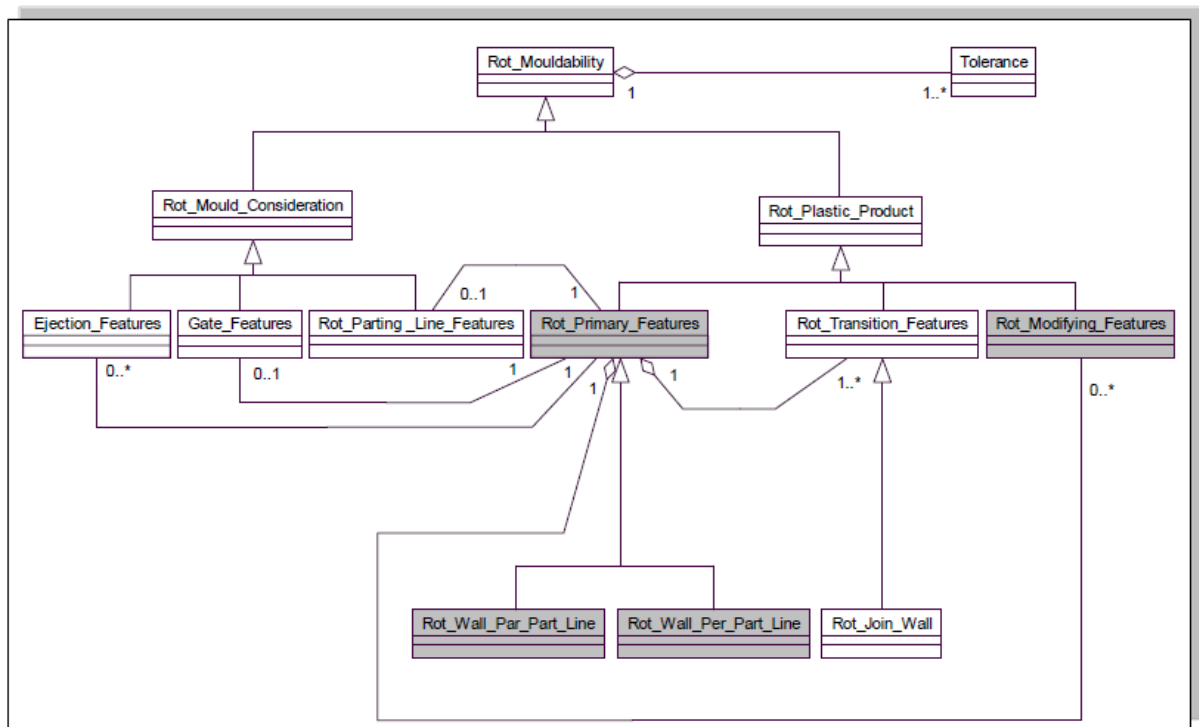


FIGURA 4.5 - RELACIONAMENTO ENTRE “FEATURE” PRIMÁRIA ROTACIONAL E “FEATURE” DE MODIFICAÇÃO ROTACIONAL

Fonte: o autor

O próximo relacionamento a ser explorado é o domínio da moldabilidade entre “features” primária rotacional (*Rotational Primary Features*) e gate “features”. O gate “features” deve conter informações sobre o próprio gate – porta de entrada – tal como a posição geométrica e a área necessária para o derretimento do plástico no fluxo do molde. A posição do gate deve ser localizada na parte do produto que não venha afetar na estética e nem na resistência do produto. A área do gate é relatada diretamente com o volume da parte do plástico, tipo de material que o produto é feito e a capacidade da máquina de injetar o plástico derretido dentro do molde.

A Figura 4.6 ilustra esse relacionamento onde a “feature” primária rotacional – *rotational wall* – é associada para uma ou nenhuma gate “feature”. Para esta dissertação foi adotado que o produto plástico em questão tenha somente um único ponto de injeção de plástico e estar localizado tão somente em uma única “feature”.

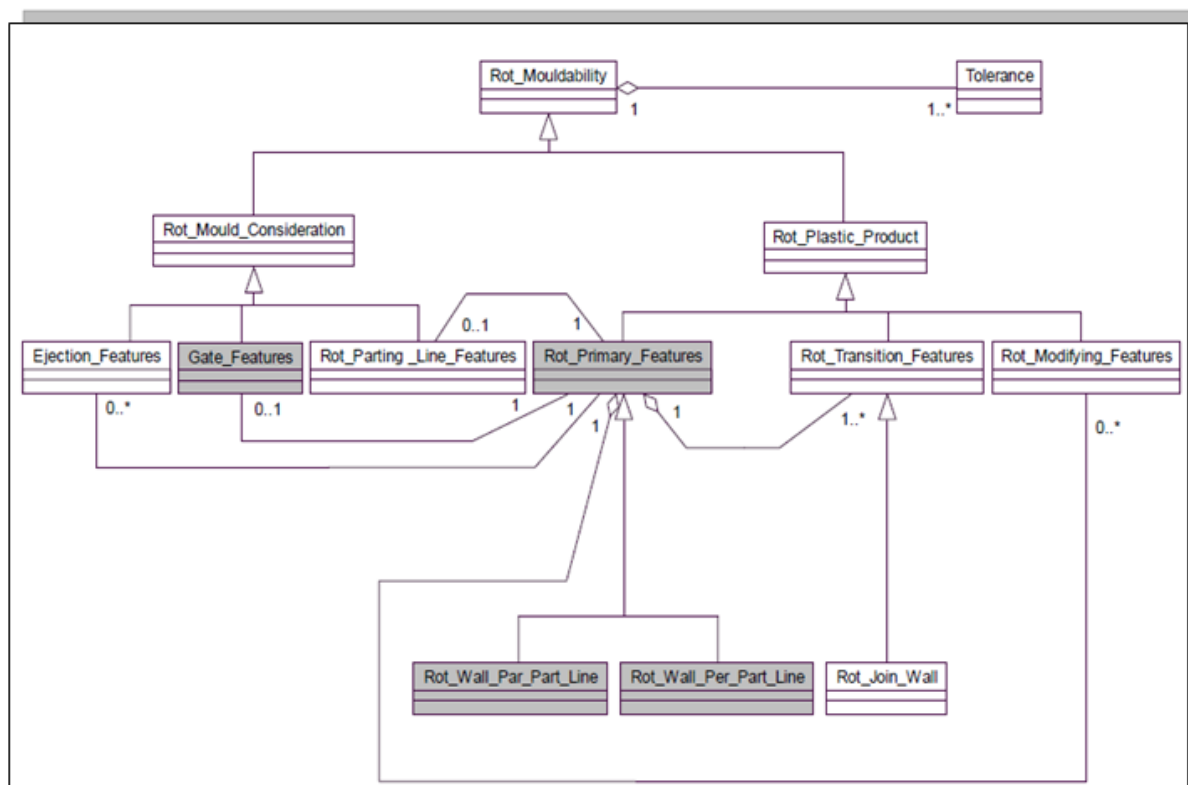


FIGURA 4.6 - RELACIONAMENTO ENTRE “FEATURES” PRIMÁRIA ROTACIONAL E ROTACIONAL GATE “FEATURES”

Fonte: o autor

4.2 MODELO ONTOLÓGICO DO DOMÍNIO DO PROJETO DO INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE

A implementação do domínio do molde foi baseado no inserto da cavidade do molde de acordo com o conceito explorado no item 3.4. As classes e estruturas são representadas por diagramas de classes na Figura 4.7.

Por conveniência de processamento as classes do domínio da cavidade do molde foram definidas em arquivo separado devido à complexidade apresentada. Todas as hierarquias do produto modelo são apresentadas no apêndice para reconhecimento do software utilizado.

A cavidade rotacional (*Rot_Cavity*) agrega um ou mais perfis geométrico que pode ser numa linha reta ou curvada sendo composta por um grupo de perfil individual, mas cada perfil individual agrega uma ou mais tolerância de acordo com a sua especificação exemplificada na Figura 4.6.

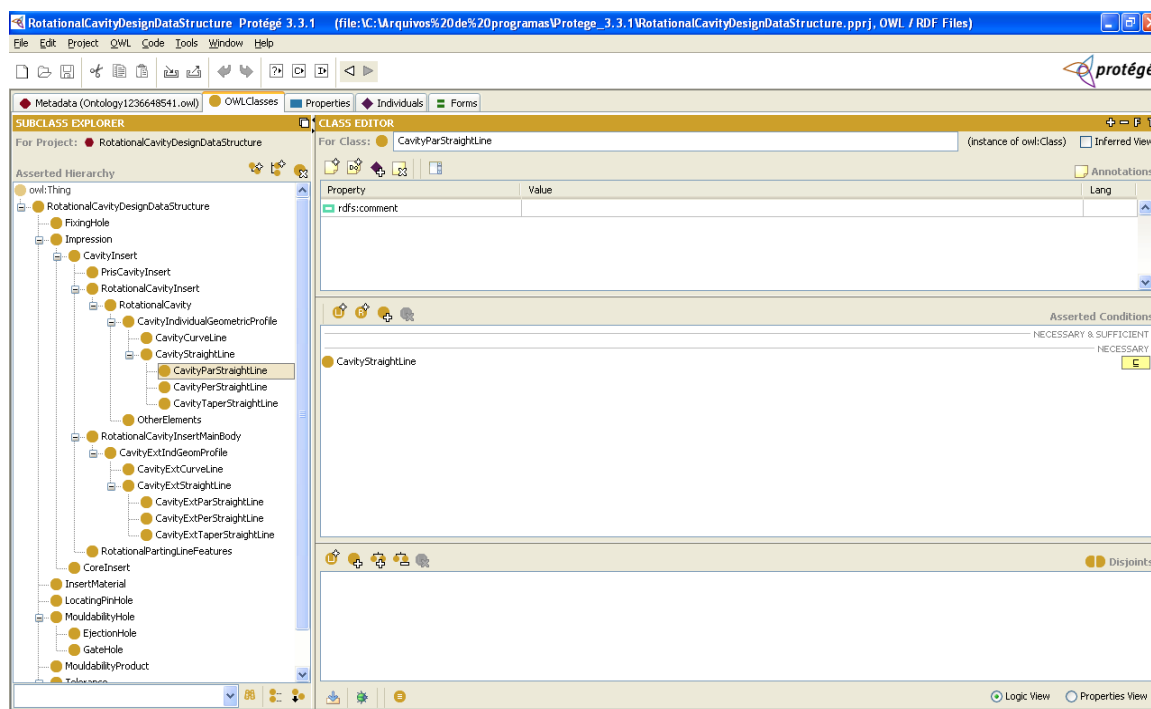


FIGURA 4.7 - DOMÍNIO ONTOLÓGICO DO PROJETO DO INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE PROTEGE

Fonte: o autor

4.2.1 MECANISMO DE CONVERSÃO DE INFORMAÇÃO ENTRE DOMÍNIOS (MOLDABILIDADE E INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE)

4.2.1.1 PONTOS EM GERAL DA CONVERSÃO DE MECANISMOS

A conversão de mecanismos e estruturas de classes aqui designadas e implementadas foram desenvolvidas utilizando diagramas WizFlow. A seção 4.2.3 será descrita a implementação da conversão de mecanismos da moldabilidade e do domínio do inserto da cavidade do molde.

4.2.2 MOLDABILIDADE E DOMÍNIO DO INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE

A conversão de mecanismos entre a moldabilidade e o domínio do inserto da cavidade do molde foram implementados de acordo com as definições dadas nas seções 3.2 e 3.3. A implementação pode ser dividida em duas fases: primeira a implementação da estrutura das classes e segundo a implementação dos métodos que foram designados pela captura de informações de um domínio e conversão para outro. A moldabilidade e a estrutura de classe do inserto da cavidade do molde foram designados para representar corretamente os domínios e o tipo de parte dos mecanismos de conversão. Os domínios dessas duas visões são explorados na seção 3.2 e 3.3 e implementados nas seções 4.1, 4.1.1 e 4.2 respectivamente. A Figura 4.8 apresenta o fluxo da atividade representando o mecanismo usado para a conversão da moldabilidade primária rotacional (*Rotational Mouldability Primary*) e da “feature” de transição (*Transition Feature*) do produto plástico para o perfil principal da cavidade do molde.

A Figura 4.8 mostra que o usuário precisa escolher o tipo de plástico, sendo rotacional ou prismático (*rotational or prismatic*). O diagrama da atividade usada na figura demonstra a conversão de mecanismos de uma parede rotacional (*rotational product*), para ser convertido no domínio da cavidade. Depois dessa decisão, o mecanismo de conversão busca o modelo de produto (banco de dados) por toda rotacional primária e “feature” de transição da moldabilidade que pertence ao produto escolhido para ser convertido. De cada “feature” pesquisada no modelo do produto, o mecanismo de conversão será extraído do perfil externo e todos os objetos associados como, por exemplo, a tolerância.

Depois da conversão de todas as primárias rotacionais e “feature” de moldabilidade de transição para geração do perfil principal da cavidade do molde é necessário identificar qual a “feature” primária rotacional tem uma ou mais “feature” de modificação rotacional associada.

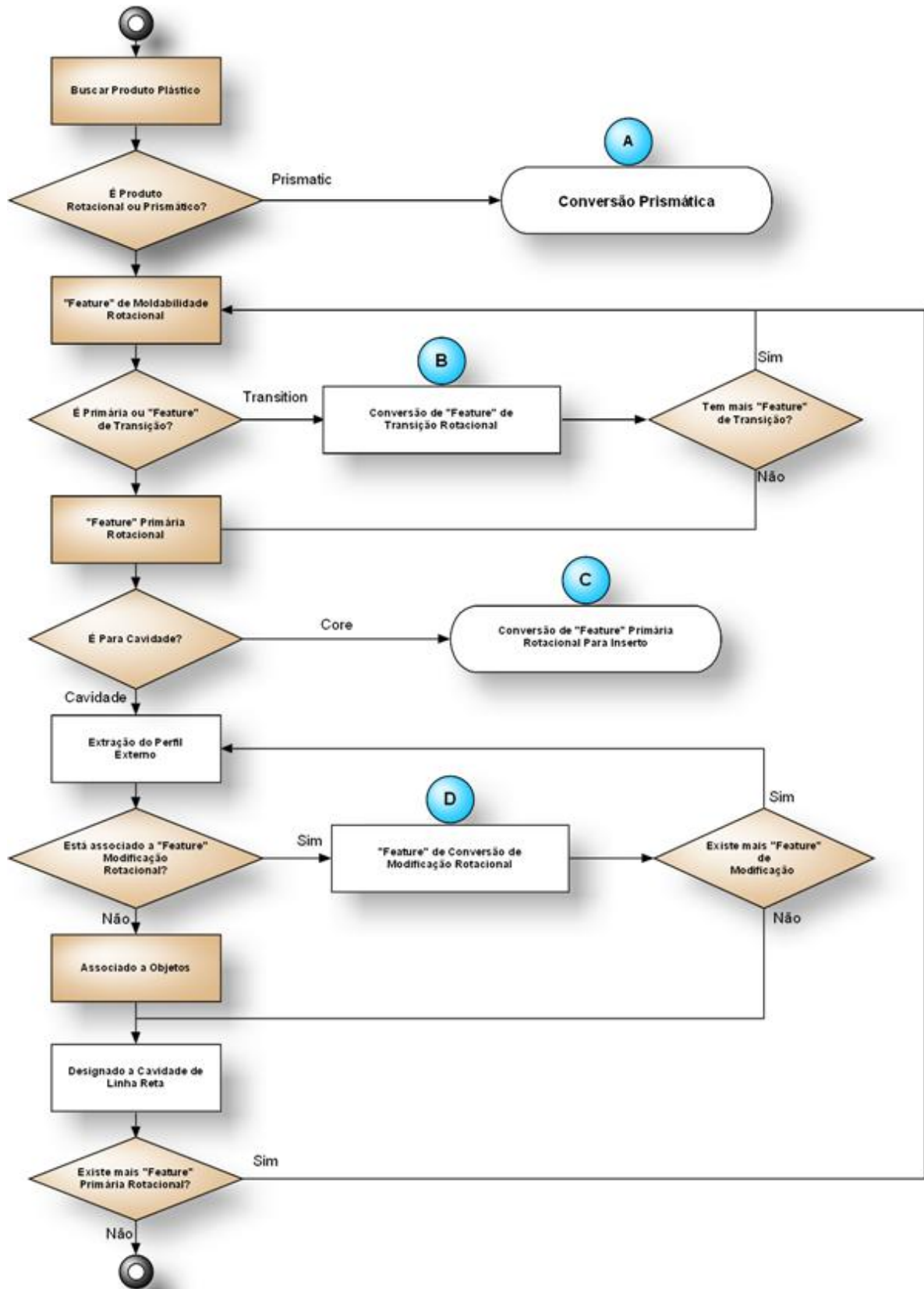


FIGURA 4.8 - PRIMEIRO NÍVEL DE CONVERSÃO DA CAVIDADE ROTACIONAL
Fonte: o autor

A Figura 4.9 ilustra a conversão da “feature” de modificação rotacional (*Rotational Modifying “Feature”*) função a ser explorada em detalhes de conversão de informação em termos de “outros elementos” descritos conceitualmente na seção 4.3.2 sobre o domínio da cavidade do molde. A conversão do mecanismo será pesquisada em todos os reforços rotacionais, furos e ranhuras que estarão abaixo da escolha do produto do plástico precisarão ser convertidos. Em termos de reforços e conversão das ranhuras, eles são gerenciados por sistemas sem interferências de usuários. No entanto, na conversão do buraco o usuário deve decidir o tempo que o mesmo será convertido em termos do domínio da cavidade. Se a conversão dos mecanismos encontra um reforço rotacional no banco de dados, este chamará uma função “Conversão de Reforço Rotacional” (*Translate Rotational Reinforcement*) representado pelo detalhe “D1” na Figura 4.9. Nesta seção a conversão do reforço está explanando somente uma vez como em alguns processos serão usados para conversão das ranhuras.

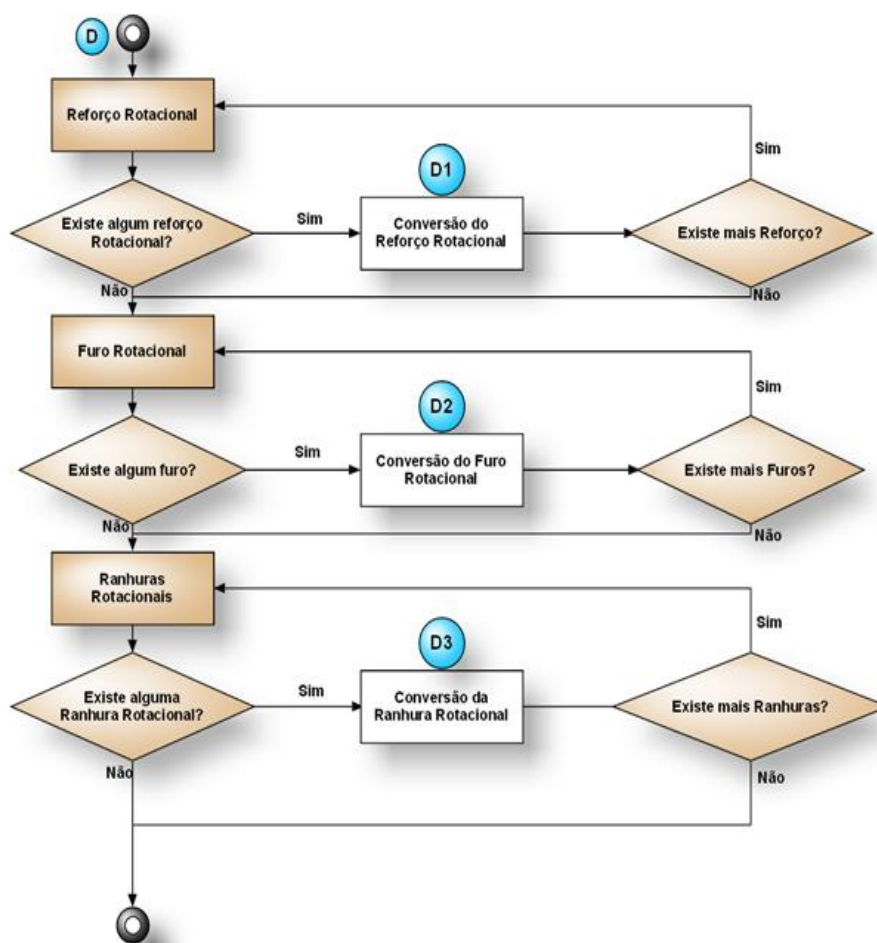


FIGURA 4.9 - “FEATURE” DA MOLDABILIDADE DE MODIFICAÇÃO ROTACIONAL E CONVERSÃO DO MECANISMO PARA CAVIDADE ROTACIONAL

Fonte: o autor

Em ordem para explicar completamente a conversão do reforço rotacional, a função “*Conversão do Reforço Rotacional*” tem estado aberta usando um diagrama de acordo com a Figura 4.10. A Figura 4.10 explica o último nível desta conversão, onde o mecanismo de conversão irá identificar se o reforço rotacional está localizado na parte interna ou externa da superfície do plástico. Neste caso particular, se está localizada na superfície interna (*Reforço Rotacional de Dentro*) o mecanismo de conversão ira saltar diretamente para fora da função porque o meio deste reforço rotacional deverá ser convertido em termos do domínio do molde que será discutido na próxima seção. No entanto, se o reforço rotacional está localizado na superfície externa (*Reforço Rotacional de Fora*) da parte do plástico, este será convertido como uma ranhura na cavidade do molde. Essas ranhuras herdaram de outros elementos do domínio do molde cuja função irá capturar de dentro do modelo do produto a informação geométrica e tipológica do reforço.

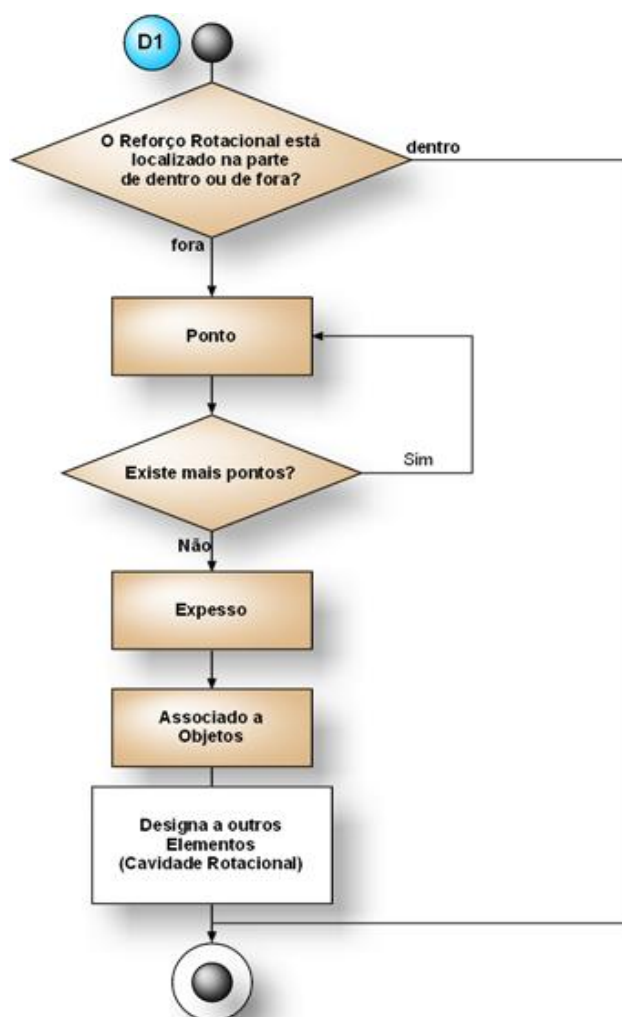


FIGURA 4.10 - MECANISMO DE CONVERSÃO DO REFORÇO ROTACIONAL
Fonte: o autor

A conversão do furo rotacional usa alguns processos de conversão como as usadas no reforço rotacional até o segundo nível de conversão. Contudo, para este caso particular o sistema não tem habilidade ou conhecimento para definir se o furo deverá ser convertido dentro do domínio da cavidade. Por esta razão o usuário tem que decidir como cada furo será convertido. A Figura 4.11 ilustra o mecanismo de conversão do domínio da moldabilidade para o domínio do molde. A Figura representa a função (*Conversão do Furo Rotacional*) conforme destacado no detalhe “D2” da Figura 4.11 a ser explodida no detalhe. Depois o usuário deve tomar a decisão se o furo deve ser convertido em termos do inserto da cavidade do molde. A conversão do furo para o inserto da cavidade do molde tem algumas estruturas, mas somente as diferenças entre os modelos de informação do produto serão relatadas para o furo.

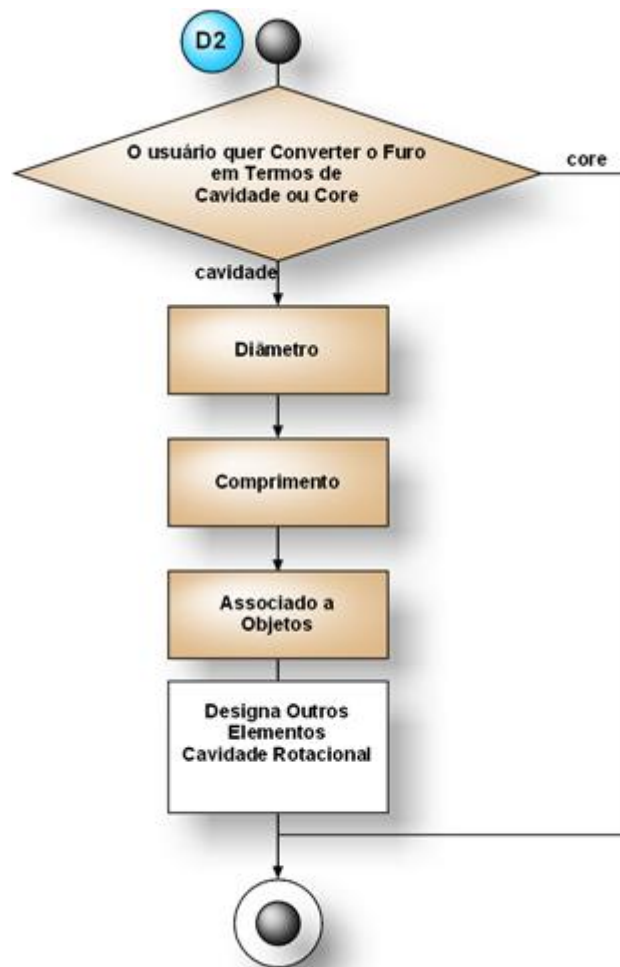


FIGURA 4.11 - MECANISMO DE CONVERSÃO ROTACIONAL DO FURO

Fonte: o autor

Além disso, a conversão do perfil principal da cavidade rotacional e outros elementos na qual é capaz para converter o *gate* “*features*” dentro do domínio da cavidade também são necessários. O *gate* “*features*” para a parte do plástico rotacional é mostrado na Figura 3.3 na seção 3.2. Esse mecanismo de conversão foram implementados com o objetivo de capturar a informação requerida e geradas pelo domínio da moldabilidade em ordem para assinar os valores e atributos exigidos para definição do *gate* no domínio do projeto do molde.

O mecanismo que foi utilizado para a conversão das informações contidas na classe *gate* “*features*” (domínio da moldabilidade) dentro da classe do furo (domínio do inserto da cavidade) está ilustrado na Figura 4.12. O mecanismo inicia procurando o produto do plástico no modelo do produto. Tratando-se de um produto plástico prismático, o mecanismo sairá da função desde que este mecanismo seja para conversão de um *gate* “*features*”. Contudo, se o usuário escolher um produto rotacional, o mecanismo ficará na classe do *gate* “*features*” no modelo do produto e extrai a posição do *gate*, o diâmetro e os objetos associados (pontos, tolerância e superfície final). Nesse, será atribuído esses valores para a classe do furo do *gate* (*gate Hole*) no domínio da cavidade rotacional e no domínio da cavidade do molde. Para este caso, a conversão será automaticamente por mecanismo, uma vez que o usuário tem selecionado o produto que será convertido.

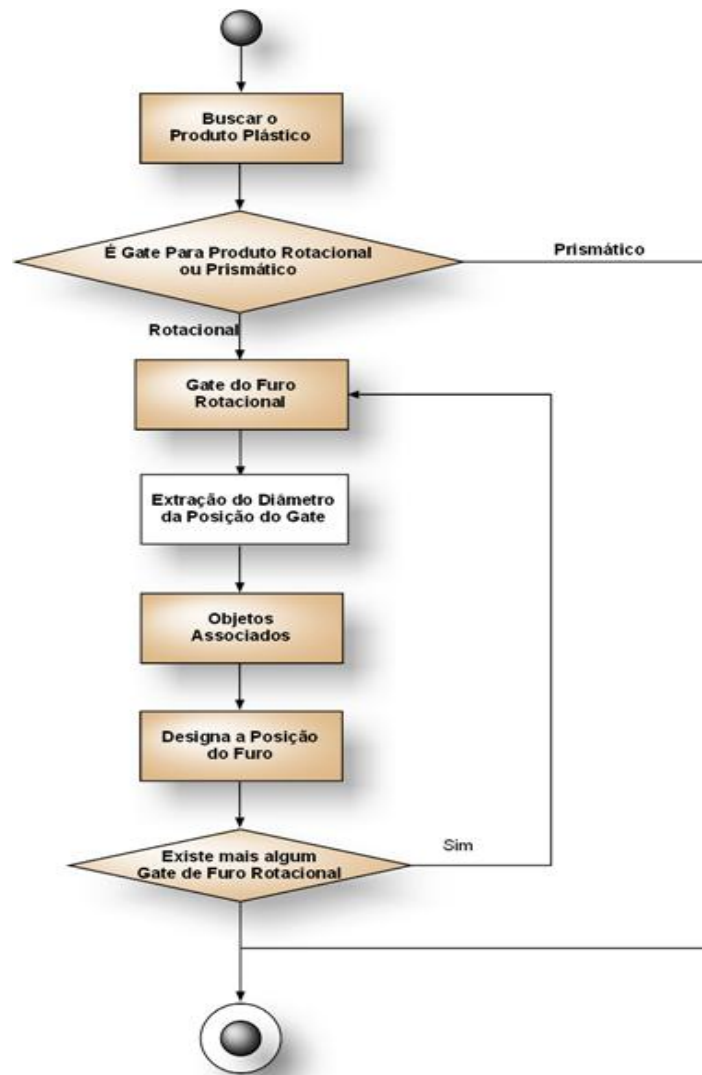


FIGURA 4.12 - MECANISMO DE CONVERSÃO DO GATE DO FURO ROTACIONAL
Fonte: o autor

CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta a análise dos resultados obtidos pelo autor na exploração do desenvolvimento de mecanismos de conversão da informação em múltiplos domínios. A seção 5.1 apresenta os dados e definição para os produtos rotacionais. Os mecanismos de conversão da informação para a parte do produto plástico de representação da moldabilidade para o domínio da cavidade e os resultados são apresentados com os respectivos comentários.

5.1 PRODUTOS ROTACIONAIS

A parte do plástico rotacional escolhida para explorar o mecanismo de conversão é mostrado na Figura 5.1.

Os furos estão entre os reforços que são localizados na superfície interna do produto. O formato principal do produto é composto de seis “*Features*” Primárias de Moldabilidade Rotacional e cinco “*Features*” de Transição de Moldabilidade Rotacional. A “*Feature*” Primária de Moldabilidade Rotacional neste caso são três paralelas e três perpendiculares para a linha de partição.

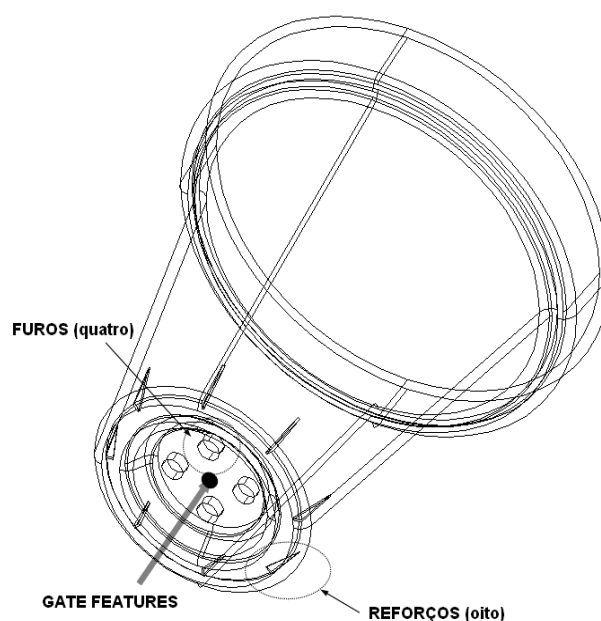


FIGURA 5.1 - REPRESENTAÇÃO DA PARTE DE PLÁSTICO ROTACIONAL

Fonte: o autor

5.2 DOMÍNIO DA MOLDABILIDADE E DOMÍNIO DO INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE

5.2.1 DOMÍNIO DA MOLDABILIDADE

Esta seção explora a capacidade de conversão do mecanismo para especificação da informação da moldabilidade do produto rotacional em termos do domínio da inserto da cavidade do molde. A conversão de mecanismos captura as informações contidas na “*features*” de moldabilidade rotacional e converte os em “*features*” do domínio da cavidade.

5.2.1.1 CONVERSÃO DA “*FEATURES*” PRIMÁRIA ROTACIONAL E “*FEATURES*” DE TRANSIÇÃO

Esta seção mostra o mecanismo de conversão da informação contida no domínio da moldabilidade rotacional (*Rotational Mouldability Domain*) e suas sub-classes que são as “*features*” primárias rotacionais e as “*features*” de transição rotacional. A Figura 5.2 ilustra a tela do protege com o diálogo usado quando é selecionado na conversão de forma não automática.

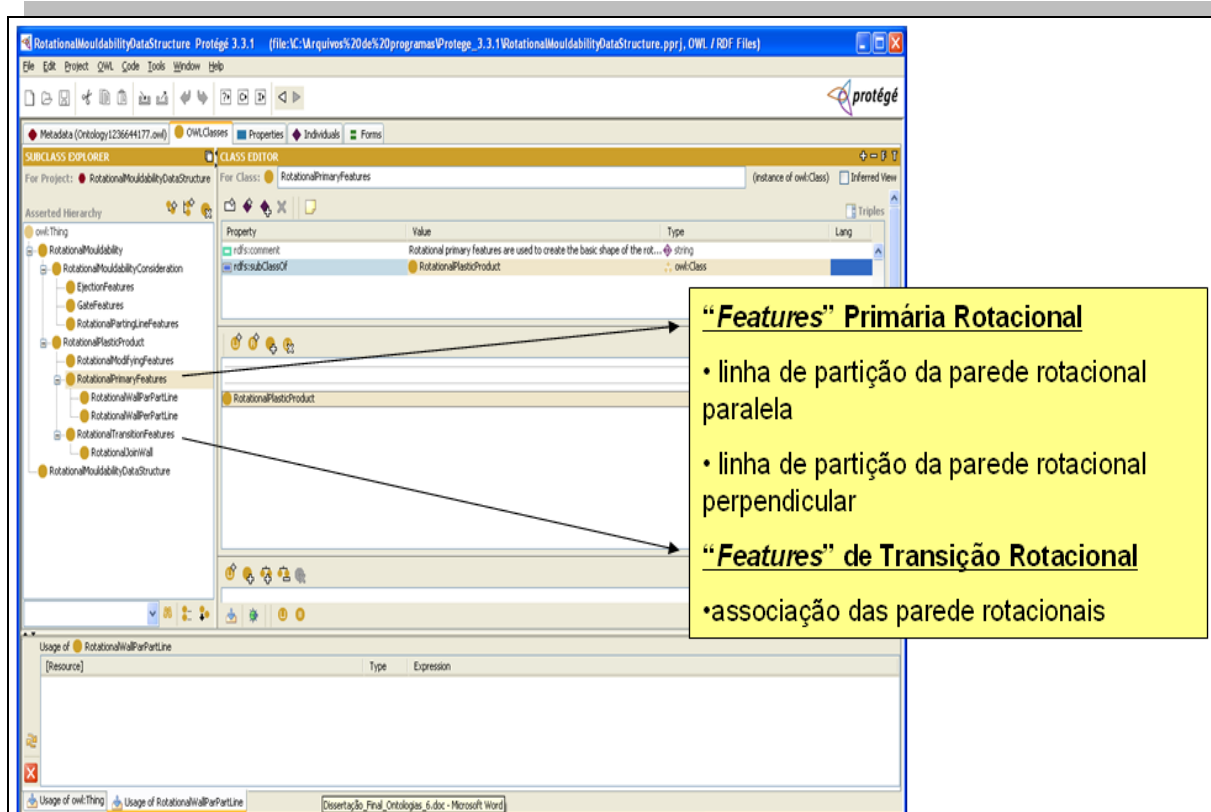


FIGURA 5.2 - DIÁLOGO DA CONVERSÃO DA MOLDABILIDADE ROTACIONAL PARA DENTRO DO INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE

Fonte: o autor

5.2.1.2 CONVERSÃO DA “FEATURES” DE MOLDABILIDADE DE MODIFICAÇÃO ROTACIONAL E GATE “FEATURES”

Esta seção mostra o mecanismo sendo explorado em ordem para conversão da informação contida na moldabilidade de modificação rotacional e *gate “features”* no domínio da moldabilidade dentro do projeto do inserto da cavidade do molde. A Figura 5.3 ilustra o diálogo que é usado para executar o mecanismo de conversão que estão indo converter todas as “features” de moldabilidade de modificação rotacional e *gate “features”* dentro do projeto do inserto da cavidade do molde.

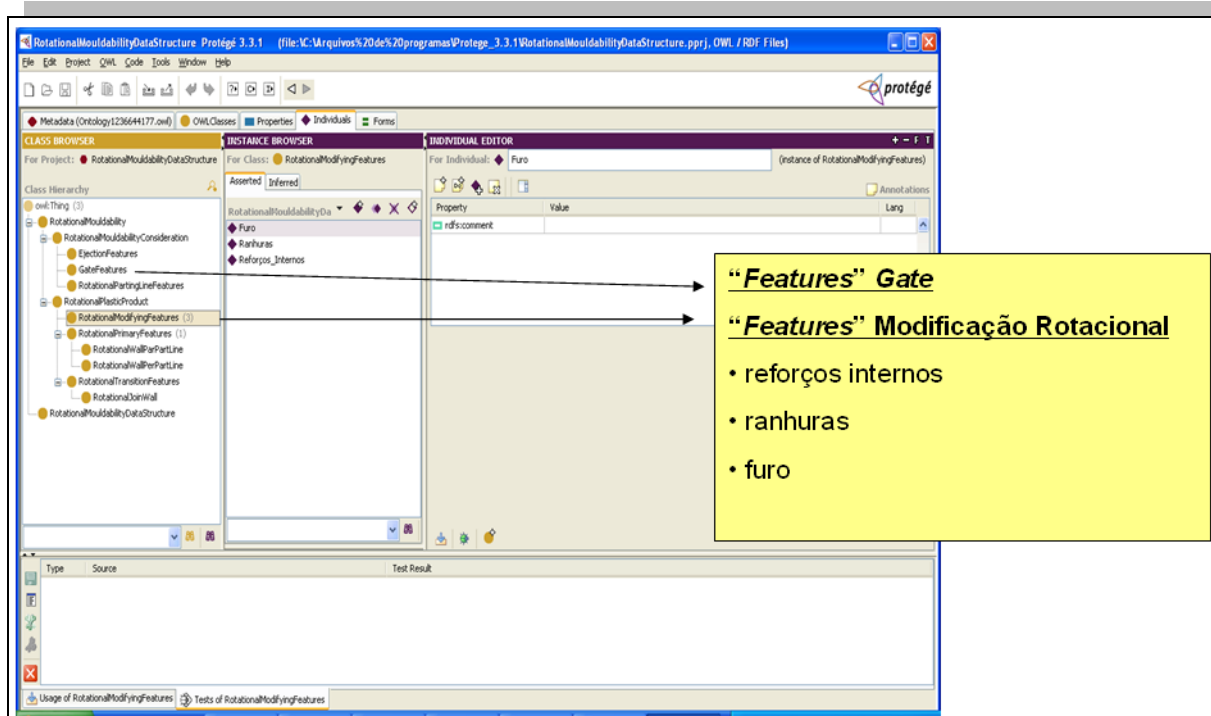


FIGURA 5.3 - DIÁLOGO PARA CONVERSÃO DA “FEATURE” DE MOLDABILIDADE DE MODIFICAÇÃO ROTACIONAL E GATE “FEATURES”

Fonte: o autor

5.2.1.3 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Esta seção explora a capacidade de conversão dos mecanismos para converter a informação da moldabilidade do produto rotacional em termos do domínio do inserto da cavidade do molde. O mecanismo de conversão tem sido capaz de capturar informações relevantes contidas na “Feature” de *Moldabilidade Rotacional* (*primária, transição, modificação e gate “features”*) e convertida de forma significativa em termos do domínio da cavidade. A conversão está baseada no uso do domínio do conhecimento para converter informações de um domínio específico e converter para certo formato em outro domínio. Neste caso, o domínio do conhecimento na conversão dos mecanismos tem feito o seguinte:

- (a) Levado o perfil externo da moldabilidade rotacional primária (*Rotational Mouldability Primary*) e “features” de transição (*Transition “Features”*) a aplicar o encolhimento dos valores e convertido os perfis respectivamente para a

cavidade de linha reta (*Cavity Straight Line*) e cavidade de linha curva (*Cavity Curve Line*).

- (b) Levado o diâmetro dos furos perpendiculares da moldabilidade de modificação rotacional (*Rotational Mouldability Modifying*) a aplicar o encolhimento dos valores e converter conforme os atributos do diâmetro do furo perpendicular da cavidade (*Cavity Perpendicular Hole*).

5.3 INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE

5.3.1 INSERTO DA CAVIDADE ROTACIONAL

O inserto da cavidade rotacional escolhida para explorar o mecanismo de conversão está ilustrado na Figura 5.4. O inserto da cavidade é composta pela cavidade rotacional e pelo corpo principal da cavidade rotacional que é fixado nas partes dos furos, conforme figura abaixo, contudo, nesta dissertação o objeto de estudo principal é o inserto da cavidade do molde.

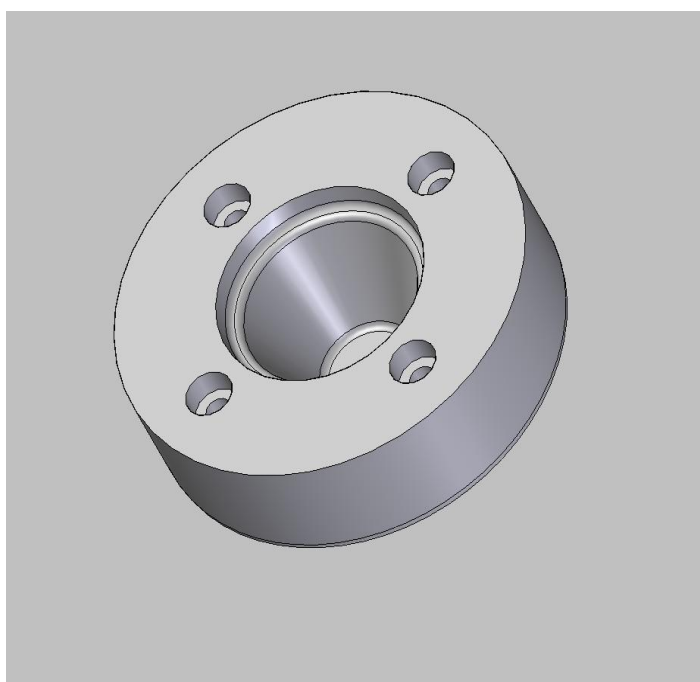


FIGURA 5.4 - INSERTO DA CAVIDADE DO MOLDE

Fonte: o autor

As Figuras 5.5 e 5.6 mostram a tela do protege com a representação destacada do inserto da cavidade rotacional. O inserto da cavidade rotacional tem três linhas retas formado pelas classes (*CavityParStraightLine*),

(*CavityPerStraightLine*), (*CavityTaperStraightLine*) , três linhas na cavidade externa de linha reta também representadas por subclasses, (*CavityExtParStraightLine*), (*CavityExtPerStraightLine*), (*CavityExtTaperStraightLine*), uma representação de uma classe para cavidade rotacional do inserto para o corpo principal (*RotationalCavityInsertMainBody*). Todas as descrições acima são resultados da conversão do plástico rotacional em termos do inserto da cavidade do molde.

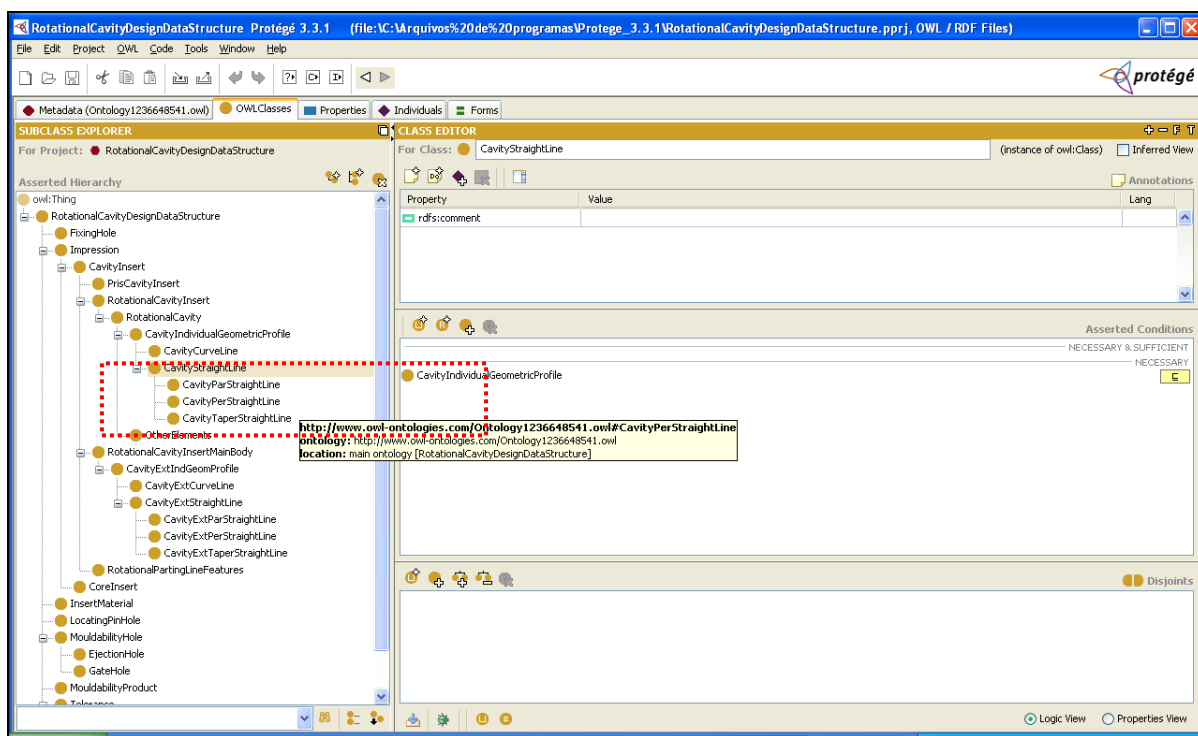


FIGURA 5.5 - INSERTO DA CAVIDADE ROTACIONAL E SUAS RESPECTIVAS CLASSES – LINHA RETA DA CAVIDADE

Fonte: o autor

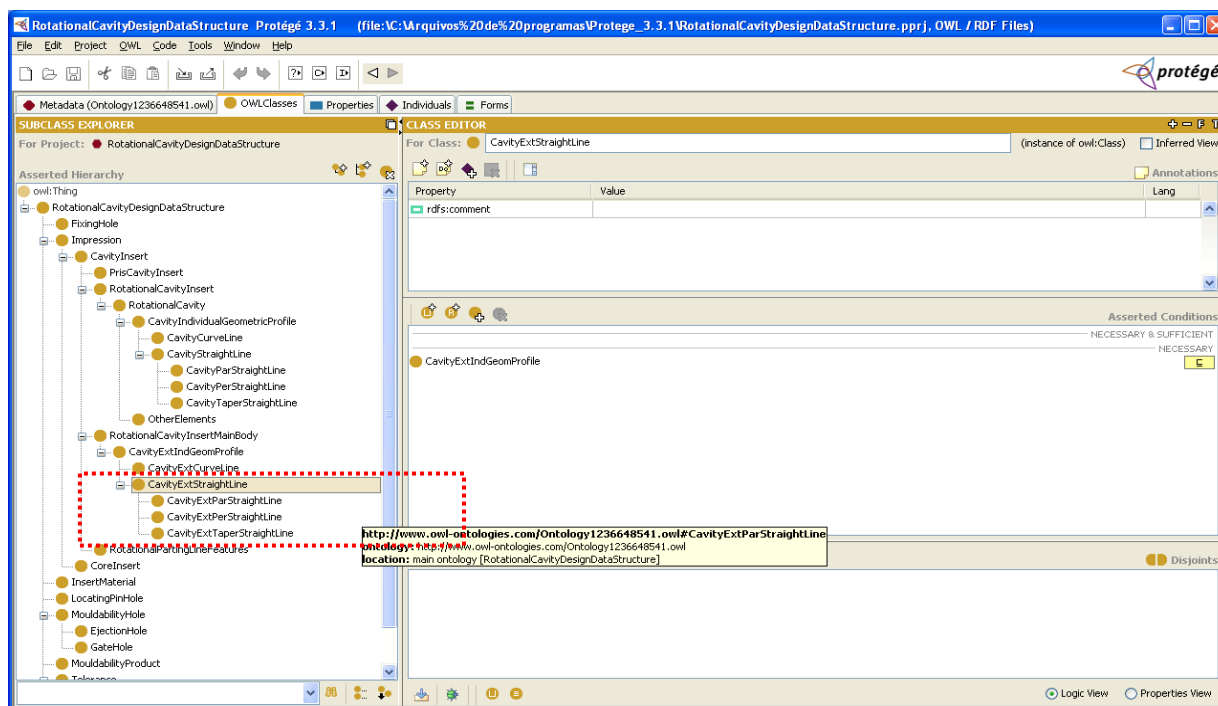


FIGURA 5.6 - INSERTO DA CAVIDADE ROTACIONAL E SUAS RESPECTIVAS CLASSES – LINHA RETA DA CAVIDADE EXTERNA

Fonte: o autor

5.3.2 CONVERSÃO DA CAVIDADE ROTACIONAL

Esta seção mostra o mecanismo de conversão implementado no ambiente protege para conversão das informações contidas no domínio de fabricação da cavidade rotacional e no domínio do inserto da cavidade. A Figura 5.7 ilustra a tela com o respectivo diálogo que é necessário para executar o processo de conversão dos mecanismos.

O diálogo demonstra o resultado do mecanismo de conversão das “*features*” “cavidade paralela da linha reta” (*CavityParStraightLine*), “cavidade perpendicular da linha reta” (*CavityPerStraightLine*), “cavidade da linha reta” (*CavityTaperStraightLine*) que são destacados na Figura 5.7.

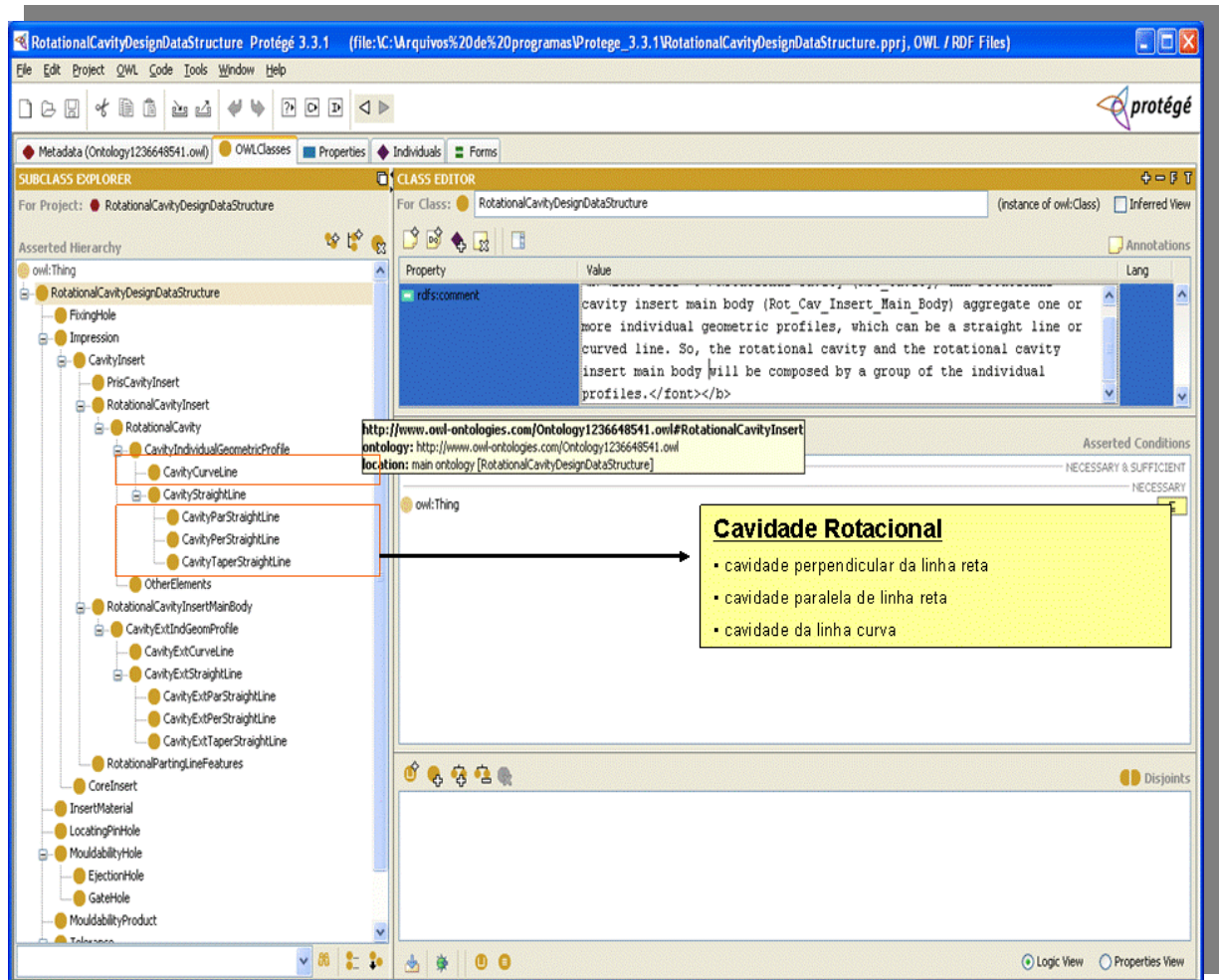


FIGURA 5.7 - DIÁLOGO PARA CONVERSÃO ROTACIONAL DA “FEATURE” DO DOMÍNIO DA CAVIDADE

Fonte: o autor

CAPÍTULO 6 – DISCUSSÃO, CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A presente dissertação procurou explorar o potencial da capacidade de conversão da informação de um domínio para outro. O domínio do projeto da peça plástica (moldabilidade) e o domínio do projeto do inserto da cavidade do molde foram implementados para teste nesta dissertação. Os experimentos que foram apresentados nesta dissertação motivaram o desenvolvimento das discussões, conclusões e trabalhos futuros, que serão feitos neste capítulo.

6.1 DISCUSSÃO

6.1.1 MÚLTIPLOS DOMÍNIOS

As necessidades de informações de produtos inerentes a cada aplicação particular podem ser definidas especificamente para essa aplicação. Esta pesquisa mostrou que para cada jogo de informação se faz necessário uma aplicação adicionando a ele o entendimento dos relacionamentos entre estes jogos de informação, tornando possível a combinação das necessidades particulares de aplicações específicas com o requisito geral de ter um modelo comum de produto. Isto foi alcançado definindo as estruturas de informação para suportar cada ponto de vista da aplicação da conversão e os relacionamentos entre os domínios.

6.1.2 ESTRUTURA DAS INFORMAÇÕES

A estrutura da informação deve ser correta para suportar cada diferente ponto de vista. Em alguns casos, se esses domínios são correlacionados um com o outro, a informação requerida por um domínio particular é igual a que é requerida para outro domínio. Nesta situação a informação pode ser diretamente compartilhada. Em outros, a informação de um domínio será relatada para informação em outro domínio, mas não pode ser diretamente compartilhada. Por exemplo, a parede da “feature” de moldabilidade tem um relacionamento para a cavidade do molde que pode ser definido usando o mecanismo de conversão. Essencialmente cada ponto

de vista de informação deve ser bem estruturado para auxiliar ambos os casos. Uma múltipla aproximação dos domínios deve assegurar a consistência da informação de forma a ser alcançada e mantida durante toda a representação.

O nível de detalhe capturado na estrutura da informação é muito importante, desde que determine a quantidade de processamento que necessita para ser executado de um ponto de vista para outro. Nesta dissertação as classes têm sido definidas em níveis baixos com o intuito possível de reduzir a complexidade dos mecanismos de conversão. Esta aproximação facilita a informação a ser compartilhada ou convertida entre os domínios. Também, quando um número de pareceres relacionados é incluído no sistema, detalhou-se a estrutura das informações que são exigidas para assegurar que todas as possibilidades de conversão podem ser cobertas.

A dissertação explorou as definições da estrutura de dados para servir uma aplicação específica. Enquanto isso foi mostrado ser viável na área focada desta dissertação e ainda endereçada quando o conceito é estendido quando se tratar de classes de grandes aplicações. Quando grandes classes de aplicações são envolvidas, supõe-se que grande estrutura será exigida tendo um potencial de levar a um nível de confusão nestas definições a menos que um método de classificação de informação possa ser identificado.

6.1.3 CONVERSÃO DA INFORMAÇÃO

A dissertação mostrou que é possível a conversão de informação entre domínios, uma vez que o relacionamento entre as informações e entre os domínios tenha estado bem definido. Dependendo do tipo de relacionamento, a informação será compartilhada ou convertida de uma forma dentro de outra. O caso de compartilhar informações é quando dois domínios usam a mesma peça de uma informação sem nenhuma modificação para ela. O caso de conversão é necessário quando um domínio necessita de informação de outro domínio e essa informação deve ser designada em outro formato que é original. A conversão de informação é mais complexa que o compartilhamento de informação porque a conversão de mecanismos deve ter conhecimento de relacionamento entre os dois domínios distintos em ordem para converter a informação de uma para outra.

6.2 CONCLUSÃO

Esta dissertação apresentou um estudo sobre a engenharia ontológica aplicada ao projeto orientado para a manufatura de produtos plásticos injetáveis. Assim sendo, na presente dissertação pode-se concluir que:

1. A estrutura da informação para apoiar o domínio do projeto da peça plástica (moldabilidade) e o domínio do projeto do inserto da cavidade do molde deve ser bem definida.
2. Conhecimento e relacionamento entre os domínios foram capturados na conversão das informações, o que permitiu a informação de um domínio ser convertido dentro de um domínio subsequente. Particular conversão de mecanismos do domínio do projeto da peça plástica (*moldabilidade*) para o domínio do projeto do inserto da cavidade do molde foi definida.
3. Enquanto algumas informações podem ser diretamente compartilhadas entre aplicações existem algumas informações que devem ser convertidas de forma conveniente para uma aplicação do ponto de vista particular.
4. A conversão entre domínios pode ser alcançada a partir do momento que estes possam ser bem estruturados e definidos. Esta dissertação tem mostrado para ambos, os relacionamentos entre os dois domínios – moldabilidade e inserto da cavidade do molde.

6.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

1. Para explorar a conversão da informação em um ambiente de múltiplos domínios com uma configuração mais complexa foi pesquisado trabalhos focados especificamente no domínio da cavidade do molde. Por exemplo, (Zhang et. al. 2007) que tem explorado a configuração do molde e seus requisitos. (Weinstein e Manooch, 1996) exploraram a metodologia baseada na geometria de injeção

das partes do molde para identificar a localização da linha de partição. Esses tipos de trabalhos devem ser incorporados com aproximação sob múltiplos pontos de vista.

2. Para explorar os mecanismos de conversão foi trabalhado com dois domínios simultaneamente. Alguns pesquisadores exploram sob o ponto de vista de vários domínios na tentativa de compartilhar essas informações em múltiplos ambientes (Clayton e Frutchter, Chaplin et. al., Mackellar e Peckam 1994). Suas pesquisas são baseadas em compartilhamento de informações entre pares e domínios. Um trabalho futuro deve investigar os mecanismos de conversão e aplicabilidade, trabalhando com mais de dois pares e domínios de forma diferenciada ao mesmo tempo.

Referências

ABRAMOVICI, M. and Sieg, O., *Status and future trends of product lifecycle management (PLM) technology*, in Proceedings of IPPD'2002 Conference, Wroclaw, Poland, 21–22 November 2002.

ACKOFF In: Hegenberg, 1976: II-116.

AKKERMANS, H. A. *Modelling with managers: participative business modelling for effective strategic decision-making*. 1995. Ph.D in management information systems, Eindhoven University of Technology, Eindhoven.

BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. *The Semantic Web*. *Scientific American*, maio 2001. Disponível em: <http://www.sciam.com/2001/0501issue/0501berners-lee.html>.

BITTELBRUNN, K. *Importância da Opinião Multidisciplinar na Formação Conceitual do Projeto de Produto: Um Estudo de Caso de Cadeira de Arremesso para Paraatletas*. Curitiba, 2007.

BOOTHROYD, G.; DEWHURST, P.; KNIGHT, W. **Product design for manufacture and assembly**. New York: Marcel Dekker, 1994.

BRALLA, J.G. *Design for Excellence*. New York: McGraw-Hill, 1996. 327p.

BRAY, T.; PAOLI, J.; SPERBERG-MCQUEEN, C.M. *Extensible Markup Language (XML) 1.0 – W3C Recommendation 10-February-1998*. [S.l.], fev.1998.

BRAY, T.; PAOLI, J.; SPERBERG-MCQUEEN, C.M. *Extensible Markup Language (XML) 1.0-W3C Recommendation 10-February-1998*. [S.l.], fev. 1998.

CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. *Product development performance: strategy, organization and management in the word auto industry*. Boston-Massachusetts: Harvard Business School Press, 1991.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. *Managing new product and process development*. New York: Ed. The Free Press, 1993.

CONTI, T. *Building total quality: a guide for management*. New York: Chapman & Hall, 1993.

COOPER, D.; SCHINDLER, P. *Métodos de pesquisa em Administração*. Sétima edição, Artmed – Bookman, Porto Alegre, 2003.

CORCHO, Ó.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A. *Methodologies, tools and languages for building ontologies: Where is their meeting point?* *Data & Knowledge engineering*, v. 46, n.1, p.41-64, 2003. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-023x\(02\)00195-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-023x(02)00195-7).

DESCHAMPS, Jean-Philippe; NAYAK, P. Ranganath. *Produtos irresistíveis: como operacionalizar um fluxo perfeito de produtos do produtor ao consumidor*. São Paulo: Makron Books, 1997.

FENSEL, D.; HORROCKS, I.; Van Harmelen, F.; DECKER, S.; ERDMANN, M.; KLEIN, M. OIL in a nutshell. In: **DIENG, R.** (Ed.) *Proceedings of the 12th. European Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management (EKAW-00)*. [S.l.]: Springer-Verlag, 2002, (Lecture Notes in Artificial Intelligence, 1937).

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

GAYNOR, G.H. *Optimizing Investments in Technology: The Role of Managing Cycle Time*. Managing Technology Today, May 1992.

GENESERETH, M. *Automated Consultation for Complex Computer Systems*. Tese (Doutorado) – Harvard University, Cambridge, Mass, 1978.

GENESERETH, M.; FIKES, R. *Knowledge interchange format, version 3.0. Reference manual*. [S.l.], 1992.

GLASER, B. *Basics of grounded theory analysis*. Sociology Press. Mil Valley, CA, 1992.

Gómez-Pérez A., Fernández López M. and Corcho O. (2004) *Ontological Engineering with examples from the areas of knowledge management, e-commerce and the semantic web*. London: Springer.

GRUBER, T.R. (1993). A Translation Approach to Portable Ontology Specification. *Knowledge Acquisition* 5: 199-220.

GUARINO, N.; GIARETTA, P. *Ontologies and knowledge bases: Towards a terminological clarification*, In: **MARS, N** (Ed.). *Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge Sharing*. [S.l.]: IOS Press, 1995. p. 25-32.

HALL, D. (1991). *Concurrent engineering: Defining terms and techniques*. IEEE Spectrum, 28(7), 24-25.

HEGENBERG, Leônidas. Etapas da investigação científica. São Paulo: E.P.U./EDUSP, 1976. v. 2, Capítulo 4.

HOPKINSON, N., **HAGUE**, R.J.M. and Dickens, P.M. (Eds) (2005), *Rapid Manufacturing and Industrial Revolution for the Digital Age*, Wiley, Chichester.

HORROCKS, I. DAML+OIL: a reason-able web ontology language. In: **JENSEN**, C.S.; **JEFFERY**, K.G.; **POKORNÝ**, J.; **SALTENIS**, S.; **BERTINO**, E.; **BÖHM**, K.; **JARKE**, M. (Ed.). *Proceedings of the Advances in Database Technology – EDBT 2002, 8TH International Conference on Extending Database Technology, Prague, Czech Republic, March 25-27*. [S.I.]: Springer, 2002. (Lecture Notes in Computer Science, v 2287). ISBN 3-540-43324-4.

ISO 18629-1, **ISO** TC184/SC4/JWG8, Industrial Automation System and Integration—Process Specification Language: Part 1. Overview and Basic Principles, 2004.

ISO. (2007). ISO10303-28:2007. Industrial Automation Systems and Integration—Product Data Representation and Exchange. Part 28: Implementation Methods: XML Representations of EXPRESS Schemas and Data, Using XML Schemas. Geneva: ISO.

JACOBS, P.F. (1992), *Rapid Prototyping & Manufacturing, Fundamentals of Stereolithography*, Society of Manufacturing Engineers, New York, NY.

JARRAR M. (2005) *Towards Methodological Principles for Ontology Engineering*. PhD Thesis, Vrije Universiteit Brusell.

JURAN, J. M. **Juran - Planejando para a qualidade**. São Paulo: Pioneira, 1990.

JURAN, J. M.; **GRYNA** Frank M. *Controle da qualidade - ciclo dos produtos: do projeto à fabricação*. São Paulo: Makron Books, 1992. v. 3.

KAMINSKI, P. C. *Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2000. 132p.

KANO, Noriaki. *Business Management e Total Quality Control*. In: SEMINÁRIO TOTAL QUALITY MANAGEMENT, 1991, São Paulo.

KARL, T Ulrich; **STEVEN**, D. Eppinger. *Product design and development*. New York: McGraw-Hill, 1994.

KLYNE, G.; CARROL, J.J. *Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax*. fev. 2004. World Wide Web Consortium, Recommendation REC-rdf-concepts-20040210.

KOCHAN, A. *Simultaneous Engineering Puts the Team to Work*. Multinational Business, nº1, 1991.

KOTLER, P. *Marketing management: analysis, planning, implementation and control*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice Hall, 1994.

KRAUSE, F. L.; KIMURA, F.; KJELLBERG, T.; LU, S. C. Y. *Product modelling*. *Annals of the CIRP*, 1993, 42(2), p. 695-706.

KRUGLIANSKAS, I. *Efeito da Interação entre P&D e Produção na eficácia do centro de P&D de empresas brasileiras*. SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE GESTION TECNOLÓGICA, 2. Anais. México, DF, 1987.

LASSILA, O.; SWICK, R.R. *Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification*. 1999. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax/>.

LAWSON, B. (2000), *How Designers Think: The Design Process Demystified*, Architectural Press, Oxford.

LEE, R. J. V. *A design for injection moulding strategist in an information modeling environment*. Ph.D thesis, Loughborough University, Loughborough, 1996, UK.

LEE, R. S.; CHEN, Y. M.; LEE, C. Z. *Development of a concurrent mould design system: A knowledge-based approach*. *Computer Integrate Manufacturing Systems*, v. 10, n. 4, p. 287-307, 1997.

MARCONI, A.; LAKATOS, E. *Técnicas de pesquisa*. 4.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

MARCONI, A.; LAKATOS, E. *Técnicas de pesquisa*. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MARTINS, G. *Estudo de Caso – uma estratégia de pesquisa*. Atlas, São Paulo, 2006.

MEYER, C. How the right measures help teams excel. *Harvard Business Review*, Harvard Business School, Boston, MA, v. 72, n. 3, p. 95-103, May-June 1994.

MINSKY, M.A framework for representing knowledge. In: *Theoretical Issues in Natural Language Processing* 1. [S.l.:s.n.], 1975. See also: paper of the same name in Winston, P.H. (ed.) *The Psychology of Computer Vision*, (1975) New Youk: McGraw-Hill. Reprinted in Ronald J. Brachman and Hector J. Levesque (eds.) *Readings in Knowledge Representation*, (1985) Los Altos: Kaufman.

MORTIMER, J. & HARTLEY, J. *Simultaneous Engineering: The Management Guide to Successful Implementation*. Industrial Newsletters Ltda, 1990.

PAHL, G.; BEITZ, W. *Engineering Design, a systematic approach*. Rev. ed. London: The Design Council, 1998.

PEIXOTO, M. O. C. *Uma proposta de aplicação da metodologia desdobramento da função qualidade (QFD) que sintetiza as versões QFD – estendido e QFD das quatro fases*. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

PINE II, B. Joseph. *Personalizando produtos e serviços - customização maciça: a nova fronteira da competição dos negócios*. São Paulo: Makron Books, 1994.

PRASAD, B. (1996). *Concurrent engineering fundamentals*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall Inc.

PRATT, S. D.; SIVAKUMAR, M.; MANOOCHEHRI, S. *A knowledge-based engineering system for the design of injection moulded plastic parts*. *Advances in Design Automation*, ASME, 1, p. 287-295, 1993.

Protege (2000). The Protege Project. <http://protege.stanford.edu>. Acessado em 27/06/2009

PUGH, S. *Creating innovative products using total desing: the living legacy of Stuart Pugh*. Massachusetts: Addilson-Wesley, 1996.

ROSENMAN, M. A.; GERO, J. S. *Modelling multiple views of design objects in a collaborative design*. *Computer-Aided Design*, 1996, 28, p. 193-205.

RUMMLER, Geary A., BRACHE Alan P.; *Melhores Desempenhos das Empresas – Uma abordagem Prática para Transformar as Organizações através da reengenharia*, Editora Makron Books, SP, 1994.

SANTO, A. *Delineamentos de Metodologia Científica*. Edições Loyola, São Paulo, 1999.

SCHLENOFF, C.; GRUNINGER, M.; CIOCOIU, M.; LEE, J. *The essence of the process specification language*. *Transactions of the Society for Computer Simulation International*, Society for Computer Simulation International, San Diego, CA, USA, v.16, n.4, p. 204-216, 1999. ISSN 0740-6797.

SCHREIBER, G.; WIELINGA, B.; AKKERMANS, H.; VELDE, W. van de; ANJEWIERDEN, A. Cml: *The commonkads conceptual modeling language*. Proc. Of EKAW'94, 1994.

SMITH, M.K.; WELTY, C.; MCGUINNESS, D.L. *OWL Web ontology language guide*. [S.l.], 2004. Disponível em: <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>. Acessado em 27/07/2009

SMITH, M.K.; WELTY, C.; MCGUINNESS, D.L. *OWL Web ontology language guide*. [S.l.], 2004. Disponível em <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>. Acessado em 25/05/2009

SOUSA, A.G. *Estudo e Análise dos Métodos de Avaliação da Montabilidade de Produtos Industriais no Processo de Projeto*. Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis): 1998. 238p.

STANSBERRY, D. (1998), *Labyrinths: The Art of Interactive Writing and Design*, Content Development for New Media, Thomson, Boston, MA.

STEPHEN, I. & MICHAEL, W.B. *Handbook in Resource and Evaluation*. San Diego, EUA, Edits Publishers, 1996

STOLL, H. W. *Managing the design-manufacturing process*. New York, NY: McGraw-Hill, 1990.

STUDER R, BENJAMINS VR, FENSEL D, “*Knowledge Engineering: Principles and Methods*”, IEEE Transactions on Data and Knowledge Engineering, 25(1-2): 161- 199, 1998.

GRUBER T.. Towards Principles for the Design of Ontologies for Knowledge Sharing. *International Journal of Human Computer Studies*, 43(5/6):907-928, 1995.

TRIVIÑOS, A. *Pesquisa qualitativa em educação*. Atlas, São Paulo, 1987.

USCHOLD, M.; GRUNINGER, *Ontologies: principles, methods and applications*. Knowledge Engineering Review, v.11, p. 93-15, 1996.

VALENTE, A. *Legal Knowledge Engineering: A Modelling Approach*. Amsterdam: IOS Press, 1995.

WEINTEN, M.; MANOOCHERI, S. *Geometric influence of a molded part on the draw direction range and parting line locations*. *Journal of Mechanical Design*, 118, p. 29-39, 1996.

WELTY, C.; GUARINO, N. *Supporting ontological analysis of taxonomic relationships*. Data and Knowledge Engineering, v.39, p. 51-74, 2001.

WHEELER, R. *Small Work Projects: Team Works Counts more than Computed-Based Tools*. IEEE Spectrum, p.32, July 1991.

WOOLDRIDGE, M.; **JENNINGS**, N. *Intelligent agents: theory and practice*. Knowledge Engineering Review, 10, p. 115-152, 1995.

YIN, R. *Estudo de Casos – Planejamento e Métodos*. Bookman, São Paulo, 2005.

YUGI Zhang; **RICHARD** Zens; **HERMANN** Ney. 2007. *Chunk-level reordering of source language sentence with automatically learned rules for statistical machine translation*. In Proceedings of SSST, NAACL-HLT 2007/AMTA Workshop on Syntax and Structure in Statistical Translation.

YOSHIMURA, Masataka; **KONDO**, Hideyuki. *Concurrent product design based on simultaneous processing of design and manufacturing information by utility analysis*. Japan Society of Mechanical Engineers, Japan Society of Mechanical Engineers, Shinjuku-ku, Tokyo, n. 4, Apr., p. 67-74, 1995.

YOUNG, R.I.M., Guerra, D., Gunendran, G., Das, B., Cochrane, S. and Cutting-Decelle, A.F., *Sharing manufacturing information and knowledge in design decision support*. In Advances in Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, edited by A. Bramley, D. Brissaud, D. Coutellier and C. McMahon, pp. 173–188, 2005(Springer: London).

ZIEMKE, M. C., & Spann, M. S. (1991). *Warning: Don't be half-hearted in your efforts to employ concurrent engineering*. Industrial Engineering, 23(2), 45-49.