

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA**

**SISTEMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE
MOLDES DE INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS**

Tese submetida à

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

para a obtenção do grau de

DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA

CARLOS MAURÍCIO SACHELLI

Florianópolis, dezembro de 2007

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA**

**SISTEMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE
MOLDES DE INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS**

CARLOS MAURICIO SACHELLI

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de

**DOUTOR EM ENGENHARIA
ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA**

sendo aprovada em sua forma final.

**Prof. André Ogliari, Dr. Eng.
Orientador**

**Prof. Carlos Henrique Ahrens, Dr. Eng.
Co-Orientador**

Prof. Fernando Cabral, Ph.D. – Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA

Prof. André Ogliari, Dr. Eng. – Presidente

Prof. Carlos Cziulik, Ph. D. – Relator

Prof. Nelson Back, Ph. D.

Prof. Gean Vitor Salmoria, Dr. Ing.

Prof. Neri Volpato, Ph. D.

**“As oportunidades normalmente se apresentam
disfarçadas de trabalho árduo,
é por isso que muitos não as reconhecem.”**

Ann Landers

**Aos meus pais, Carlos (*in memoriam*) e Judith.
À minha esposa, Flávia.
Aos meus filhos, Arthur e Amanda.**

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. André Ogliari pelas intensas contribuições e orientações no trabalho.

Ao professor Dr. Carlos Henrique Ahrens pela co-orientação e observações.

Aos professores Dr. Antonio Pouzada e Dr. Antonio Brito da Universidade do Minho (Portugal) pela colaboração na pesquisa de campo.

Aos professores membros da banca examinadora pelas observações que serão realizadas na defesa.

Às empresas dos pólos de Joinville e de Marinha Grande (Portugal) que participaram das entrevistas.

À Univille e a Sociesc pelo suporte ao longo do curso.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS.....	xvi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xix
RESUMO.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Características gerais do setor de produção de moldes de injeção.....	2
1.3 Objetivos.....	7
1.3.1 Objetivo geral.....	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	8
1.4 Justificativas.....	8
1.5 Estrutura da tese.....	9
CAPÍTULO 2 - DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS: REVISÃO E ANÁLISE DE CONCEITOS PARA APLICAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE MOLDES	11
2.1 Desenvolvimento de produtos.....	11
2.2 Processo de projeto de produtos.....	13
2.3 Engenharia simultânea.....	15
2.4 Gerenciamento de projetos.....	21
2.5 Considerações finais.....	24
CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO DE MOLDES DE INJEÇÃO: CONCEITOS, PRÁTICAS E CARACTERIZAÇÃO DO SETOR NO BRASIL.....	26
3.1 Desenvolvimento de moldes de injeção.....	26
3.2 Tipos de moldes.....	31
3.3 Conceitos e métodos de determinação geral de custos.....	31
3.4 Determinação de orçamentos em moldes de injeção.....	36
3.5 Empresas fabricantes de moldes de injeção no Brasil.....	40
3.5.1 Pesquisa exploratória em fabricantes de moldes de injeção.....	42
3.6 Considerações finais.....	44

CAPÍTULO 4 - PESQUISA DE CAMPO COM OS FABRICANTES DE MOLDES	46
4.1 Planejamento da pesquisa de campo.....	46
4.2 Análise dos resultados da pesquisa de campo.....	48
4.2.1 Caracterização geral das empresas.....	48
4.2.2 Contratação da atividade de desenvolvimento do molde.....	53
4.2.3 Planejamento do processo de desenvolvimento	56
4.2.4 Projeto do molde.....	58
4.2.5 Gerenciamento do desenvolvimento do molde.....	77
4.2.6 Fabricação e fornecimento do molde.....	79
4.3 Considerações finais.....	80
4.3.1 Considerações sobre as características gerais das empresas.....	80
4.3.2 Considerações sobre a contratação da atividade de desenvolvimento do molde.....	82
4.3.3 Considerações sobre o planejamento do processo de desenvolvimento	82
4.3.4 Considerações sobre o projeto do molde.....	83
4.3.5 Considerações sobre o gerenciamento do desenvolvimento do molde.....	83
4.3.6 Considerações sobre a fabricação e fornecimento do molde.....	85
CAPÍTULO 5 - MODELO DE REFERÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE MOLDES PARA A INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS.....	86
5.1 Modelo de referência para o desenvolvimento integrado de moldes de injeção.....	87
5.2 Fase 1: Contratação do desenvolvimento do molde.....	89
5.2.1 Atividade 1.1: Receber a solicitação de orçamento do molde.....	90
5.2.2 Atividade 1.2: Analisar a geometria do componente injetado.....	95
5.2.3 Atividade 1.3: Reavaliar as informações iniciais.....	97
5.2.4 Atividade 1.4: Realizar o orçamento do molde.....	97
5.2.5 Atividade 1.5: Enviar a proposta ao cliente.....	106
5.2.6 Atividade 1.6: Encerrar a fase de contratação.....	106
5.2.7 Controles e saídas da fase 1: contratação do desenvolvimento do molde.....	109
5.3 Fase 2: Planejamento do processo de desenvolvimento do molde.....	111
5.3.1 Atividade 2.1: Realizar o planejamento do escopo.....	114
5.3.2 Atividade 2.2: Realizar o planejamento dos recursos humanos.....	115
5.3.3 Atividade 2.3: Realizar o planejamento do tempo.....	116
5.3.4 Atividade 2.4: Realizar o planejamento das aquisições.....	119
5.3.5 Atividade 2.5: Realizar o planejamento dos custos.....	121
5.3.6 Atividade 2.6: Realizar o planejamento da qualidade.....	122

5.3.7 Atividade 2.7: Realizar o planejamento das comunicações.....	124
5.3.8 Atividade 2.8: Realizar o planejamento dos riscos.....	128
5.3.9 Atividade 2.9: Avaliar e aprovar o planejamento realizado.....	129
5.3.10 Controles e saídas da fase 2: planejamento do desenvolvimento do molde.....	132
5.4 Fase 3: Projeto do molde.....	133
5.4.1 Subfase 3.1: Realizar o projeto informacional.....	134
5.4.1.1 Atividade 3.1.1: Identificar os requisitos do cliente.....	135
5.4.1.2 Atividade 3.1.2: Definir os requisitos de projeto.....	140
5.4.1.3 Atividade 3.1.3: Analisar projetos similares realizados.....	144
5.4.1.4 Atividade 3.1.4: Estabelecer as especificações de projeto.....	144
5.4.1.5 Atividade 3.1.5: Avaliar e aprovar o projeto informacional.....	145
5.4.1.6 Atividade 3.1.6: Atualizar os planos de desenvolvimento.....	148
5.4.2 Subfase 3.2: Realizar o projeto conceitual.....	148
5.4.2.1 Atividade 3.2.1: Consolidar o conceito do molde.....	149
5.4.2.2 Atividade 3.2.2: Avaliar e aprovar o conceito do molde	153
5.4.2.3 Atividade 3.2.3: Atualizar os planos de desenvolvimento.....	154
5.4.3 Subfase 3.3: Realizar o projeto preliminar.....	154
5.4.3.1 Atividade 3.3.1: Projetar a cavidade superior e inferior.....	157
5.4.3.2 Atividade 3.3.2: Projetar o sistema de alimentação.....	158
5.4.3.3 Atividade 3.3.3: Projetar o sistema de refrigeração.....	158
5.4.3.4 Atividade 3.3.4: Projetar o sistema de extração.....	158
5.4.3.5 Atividade 3.3.5: Projetar o sistema de saída de gases.....	159
5.4.3.6 Atividade 3.3.6: Avaliar e aprovar o projeto preliminar internamente.....	159
5.4.3.7 Atividade 3.3.7: Aprovar o projeto preliminar perante o cliente.....	160
5.4.3.8 Atividade 3.3.8: Atualizar os planos de desenvolvimento.....	160
5.4.4 Subfase 3.4: Realizar o projeto detalhado.....	164
5.4.4.1 Atividade 3.4.1: Detalhar a placa cavidade superior e inferior.....	164
5.4.4.2 Atividade 3.4.2: Detalhar os demais componentes.....	165
5.4.4.3 Atividade 3.4.3: Avaliar e aprovar o projeto detalhado e autorizar a fabricação dos componentes do molde.....	165
5.4.4.4 Atividade 3.4.4: Atualizar os planos de desenvolvimento.....	165
5.4.5 Controles e saídas da fase 3: projeto do molde.....	168
5.5 Fase 4: Fabricação do molde	168
5.5.1 Atividade 4.1: Realizar o planejamento da fabricação do molde.....	169
5.5.2 Atividade 4.2: Fabricar a placa superior e inferior.....	170

5.5.3 Atividade 4.3: Fabricar os demais componentes do molde.....	170
5.5.4 Atividade 4.4: Realizar a montagem dos componentes do molde.....	170
5.5.5 Atividade 4.5: Atualizar os planos de desenvolvimento.....	171
5.5.6 Controles e saídas da fase 4: fabricação do molde.....	171
5.6 Fase 5: Certificação do molde.....	172
5.6.1 Atividade 5.1: Verificar o funcionamento geral do molde e o dimensional do componente injetado.....	173
5.6.2 Atividade 5.2: Submeter o componente injetado à aprovação do cliente	176
5.6.3 Atividade 5.3: Verificar o funcionamento do molde em ciclos de produção.....	176
5.6.4 Atividade 5.4: Atualizar os planos de desenvolvimento.....	177
5.6.5 Atividade 5.5: Fornecer o molde de injeção ao cliente.....	177
5.6.6 Atividade 5.6: Avaliar e encerrar o processo de desenvolvimento do molde.....	179
5.6.7 Controles e saídas da fase 5: certificação do molde.....	179
5.7 Considerações finais.....	179
CAPÍTULO 6 - AVALIAÇÃO DO MODELO DE REFERÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE MOLDES DE INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS.....	181
6.1 Elaboração dos critérios de avaliação	181
6.2 Apresentação e análise da avaliação.....	183
6.3 Considerações finais.....	197
CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	198
7.1 Conclusões do trabalho.....	198
7.2 Sugestões para futuros trabalhos	201
REFERÊNCIAS	202
APÊNDICES.....	211
Apêndice A - Tipos de moldes de injeção.....	211
Apêndice B - Relação das empresas fabricantes de moldes consultadas.....	213
Apêndice C - Questionário estruturado para a pesquisa exploratória.....	221
Apêndice D - Resultados da pesquisa exploratória.....	227
Apêndice E - Questionário estruturado utilizado para a pesquisa de campo nos fabricantes de moldes de Marinha Grande (Portugal) e no pólo de Joinville-SC.....	240
Apêndice F – Determinação do número de cavidades no molde de injeção.....	249

Apêndice G – Tratamentos térmicos e de superfície aplicados aos componentes do molde de injeção.....	257
Apêndice H – Princípios de câmara quente aplicados a moldes de injeção.....	260
Apêndice I – Ferramentas de auxílio à fase de contratação.....	262
Apêndice J – Ferramentas de auxílio à fase de planejamento.....	265
Apêndice K – Ferramentas de Auxílio à Fase de Projeto.....	271
Apêndice L – Questionário para a avaliação do modelo de referência.....	280
Apêndice M – Defeitos no processo de injeção	283

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1-	Balança comercial brasileira de moldes.....	3
Figura 2.1-	Macrofases e fases para o desenvolvimento de produtos.....	12
Figura 2.2-	Seqüência de processos de desenvolvimento de produto.....	15
Figura 2.3-	Engenharia seqüencial e simultânea.....	17
Figura 2.4-	Fluxo do trabalho no processo de desenvolvimento de moldes de injeção....	20
Figura 2.5-	Processos e atividades do gerenciamento de projetos.....	22
Figura 3.1-	Evolução dos custos e dificuldades de mudanças no desenvolvimento de componentes injetados.....	26
Figura 3.2-	Molde de duas placas com seus elementos característicos.....	32
Figura 3.3-	Exemplo de determinação do custo pelo método estatístico.....	38
Figura 4.1-	Fluxograma do processo de desenvolvimento de moldes na EP1.....	63
Figura 4.2-	Fluxograma do processo de desenvolvimento de moldes na EP2.....	64
Figura 4.3-	Fluxograma do processo de desenvolvimento de moldes na EP3.....	65
Figura 4.4-	Fluxograma do processo de desenvolvimento de moldes na EP4.....	66
Figura 4.5-	Fluxograma do processo de desenvolvimento de moldes na EB1.....	68
Figura 4.6-	Fluxograma do processo de desenvolvimento de moldes na EB2.....	69
Figura 4.7-	Fluxograma do processo de desenvolvimento de moldes na EB3.....	70
Figura 4.8-	Fluxograma do processo de desenvolvimento de moldes na EB4.....	71
Figura 5.1-	Visão conceitual do desenvolvimento de moldes e principais relacionamentos.....	86
Figura 5.2-	Síntese do modelo de referência para o desenvolvimento integrado de moldes de injeção de termoplásticos.....	88
Figura 5.3-	Síntese da fase 1: contratação do processo de desenvolvimento com as entradas, atividades, controles, mecanismos e saídas.....	91
Figura 5.4-	Formulário de informações para o orçamento – C1.....	92
Figura 5.5-	Formulário para orientar a análise da geometria do componente injetado – C2.....	96
Figura 5.6-	Formulário para elaboração de orçamento - C3 - parte 1.....	99
Figura 5.7-	Formulário de elaboração do orçamento - C3 - parte 2 - relação das atividades e seus direcionadores de custo.....	100
Figura 5.8-	Formulário do processo de fabricação – F1.....	103
Figura 5.9-	Formulário de resumo de projetos realizados – C4.....	105

Figura 5.10-	Formulário de proposta de orçamento – C5.....	107
Figura 5.11-	Contrato do desenvolvimento do molde – C6.....	108
Figura 5.12-	Formulário de controle da fase de contratação – C7.....	110
Figura 5.13-	Formulário gerencial de controle dos direcionadores de custo – C8.....	110
Figura 5.14-	Síntese da fase 2: planejamento do processo de desenvolvimento do molde com as entradas, atividades, controles, mecanismos e saídas.....	112
Figura 5.15-	Formulário de declaração do escopo do produto – PL1a.....	113
Figura 5.16-	Formulário de declaração do escopo do projeto – PL1b.....	114
Figura 5.17-	Apresentação parcial do formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde – PL2, com exemplo do plano de recursos humanos.....	116
Figura 5.18-	Formulário de planejamento do tempo – PL3.....	117
Figura 5.19-	Exemplo de histograma de recursos.....	118
Figura 5.20-	Formulário de planejamento das aquisições - PL 4.....	120
Figura 5.21-	Apresentação parcial do formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde – PL2, com exemplo do plano de qualidade.....	123
Figura 5.22-	Formulário de avaliação da qualidade – PL6.....	124
Figura 5.23-	Relacionamento entre os envolvidos no processo de desenvolvimento de moldes.....	125
Figura 5.24-	Formulário de controle de informações –PL7.....	127
Figura 5.25-	Ferramenta de análise qualitativa de riscos – FR2.....	128
Figura 5.26-	Apresentação parcial do formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde – PL2, com exemplo do plano de riscos.....	129
Figura 5.27-	Formulário de avaliação e aprovação do planejamento – PL8.....	130
Figura 5.28-	Formulário de controle da fase de planejamento – PL9.....	132
Figura 5.29-	Formulário gerencial de controle geral dos recursos da empresa – PL10.....	133
Figura 5.30-	Síntese da fase 3: projeto do molde com as entradas, atividades, controles, mecanismos e saídas.....	134
Figura 5.31-	Formulário para o projeto informacional – P1.....	137
Figura 5.32-	Formulário de elaboração da casa da qualidade (QFD) – P2.....	143
Figura 5.33-	Formulário de especificação do projeto do molde de injeção – P3.....	144
Figura 5.34-	Formulário de avaliação e aprovação do projeto informacional – P4.....	146
Figura 5.35-	Diagrama de auxílio à decisão para o sistema de alimentação – D1.....	151
Figura 5.36-	Diagrama de auxílio à decisão para o sistema de refrigeração – D2.....	152
Figura 5.37-	Diagrama de auxílio à decisão para o sistema de extração – D3.....	153
Figura 5.38-	Formulário de avaliação e aprovação do projeto conceitual – P5.....	155

Figura 5.39-	Formulário de avaliação e aprovação do projeto preliminar – P6.....	161
Figura 5.40-	Formulário de avaliação e aprovação do projeto detalhado – P7.....	166
Figura 5.41-	Síntese da fase 4: fabricação do molde com as entradas, atividades, controles, mecanismos e saídas.....	168
Figura 5.42-	Síntese da fase 5: certificação do molde com as entradas, atividades, controles, mecanismos e saídas.....	172
Figura 5.43-	Formulário de verificação do funcionamento geral do molde – E1.....	174
Figura 5.44-	Formulário de verificação do funcionamento do molde e do ciclo de produção – E2.....	177
Figura 5.45-	Formulário de verificação para o fornecimento do molde – E3.....	178
Figura 6.1 -	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de abrangência das áreas de conhecimento.....	185
Figura 6.2 -	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério relação a abrangência dos processos necessários.....	186
Figura 6.3 -	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de representação da realidade do desenvolvimento de moldes.....	186
Figura 6.4 -	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de representação do modelo, de seus métodos e ferramentas.....	187
Figura 6.5 -	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de profundidade do nível de detalhamento do modelo proposto.....	188
Figura 6.6 -	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de clareza do modelo proposto.....	188
Figura 6.7 -	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de consistência do modelo proposto.....	189
Figura 6.8 -	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de aplicabilidade do modelo às necessidades dos fabricantes de moldes.....	189
Figura 6.9 -	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de aplicabilidade do modelo proposta em diferentes tipos de moldes.....	190
Figura 6.10-	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de conteúdo para a contratação do processo de desenvolvimento do molde de injeção.	191
Figura 6.11-	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de conteúdo no gerenciamento do desenvolvimento do molde de injeção.....	191
Figura 6.12-	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de conteúdo suficiente para o projeto do molde de injeção.....	192

Figura 6.13-	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de conteúdo na fase de fabricação do molde de injeção.....	192
Figura 6.14-	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de conteúdo para a realização de testes no molde de injeção.....	193
Figura 6.15-	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de flexibilidade do modelo proposto.....	193
Figura 6.16-	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação a benefícios para o cumprimento do prazo de desenvolvimento do molde injeção.....	194
Figura 6.17-	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação a benefícios para a redução de custos no desenvolvimento de moldes injeção.....	194
Figura 6.18-	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação a benefícios para o controle da qualidade no desenvolvimento de moldes injeção.....	195
Figura 6.19-	Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação a utilização eficiente dos recursos internos da empresa fabricante de moldes.....	195
Figura D.1-	Número de colaboradores das empresas visitadas.....	227
Figura D.2-	Faturamento anual em 2002 das empresas	228
Figura D.3-	Previsão de faturamento em 2003 das empresas.....	228
Figura D.4-	Número de moldes fabricados no ano de 2002 nas empresas.....	229
Figura D.5-	Ferramentas da qualidade utilizadas nas empresas.....	230
Figura D.6-	<i>Softwares</i> de CAD utilizados nas empresas.....	230
Figura D.7-	<i>Softwares</i> de CAM nas empresas	231
Figura D.8-	<i>Softwares</i> de gerenciamento de projeto utilizados na empresa.....	232
Figura D.9-	Itens avaliados para compra de novo <i>software</i> nas empresas.....	232
Figura D.10-	Acompanhamento do projeto realizado nas empresas	233
Figura D.11-	Investimento para melhora do desempenho de projeto.....	233
Figura D.12-	Colaboradores que trabalham com <i>softwares</i> de CAD.....	234
Figura D.13-	Colaboradores que trabalham com <i>softwares</i> de CAM.....	235
Figura D.14-	Colaboradores na área de PCP.....	235
Figura D.15-	Itens avaliados para a execução do projeto.....	236
Figura D.16-	Tempo médio do orçamento de um molde nas empresas.....	236
Figura D.17-	Tempo médio de desenvolvimento (da contratação ao fornecimento do molde.....	237

Figura E.1-	Nomenclatura dos componentes de um molde de injeção.....	246
Figura F.1 -	Tempo de resfriamento do componente injetado de acordo com a sua espessura máxima.....	250
Figura F.2 -	Diagrama de determinação da pressão de injeção de acordo com o material polimérico, a espessura e a distância percorrida no componente injetado.....	255
Figura F.3 -	Exemplo de cálculo da área projetada.....	256
Figura H.1-	a) Exemplo do sistema de alimentação do canal frio; b) Exemplo da utilização de um sistema de alimentação com canal quente.....	260
Figura J.1-	Formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde – PL2.....	266
Figura J.2-	Formulário de planejamento e controle dos custos – PL5.....	267
Figura J.3	Exemplo de acompanhamento e controle dos custos utilizando o <i>EVA</i>	268
Figura K.1-	Exemplos de leiautes dos componentes injetados no molde e o correspondente número de cavidades.....	271

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1.1-	Comparação no setor de moldes entre Brasil e Portugal.....	6
Tabela 2.1-	Objetivos dos processos de gerenciamento de projetos.....	23
Tabela 3.1-	Atividades propostas para as fases do projeto do molde de injeção segundo diferentes autores.....	29
Tabela 3.2-	Funções dos principais componentes de um molde de injeção.....	33
Tabela 3.3-	Resultado da pesquisa do percentual de competitividade dos moldes nacionais em relação aos importados.....	41
Tabela 4.1-	Denominação das empresas e função do entrevistado.....	48
Tabela 4.2-	Número de colaboradores e ramos principais de atuação.....	49
Tabela 4.3-	Número de moldes desenvolvidos, faturamento e mercado de destino.....	50
Tabela 4.4-	Quantidade e formação dos colaboradores que trabalham com os <i>softwares</i> de CAD, CAM, e com atividades de planejamento do processo e de fabricação estratificada por empresa e formação.....	51
Tabela 4.5-	Meios empregados para capacitar e atualizar os colaboradores.....	52
Tabela 4.6-	<i>Softwares</i> de CAD e CAM utilizados nas empresas.....	52
Tabela 4.7-	Itens avaliados para a definição da viabilidade de execução do desenvolvimento do molde.....	53
Tabela 4.8-	Informações para a realização do orçamento nas empresas portuguesas.....	54
Tabela 4.9-	Informações para a realização do orçamento nas empresas brasileiras.....	55
Tabela 4.10-	Potenciais problemas na fase de contratação.....	56
Tabela 4.11-	Forma de realização do planejamento e ferramentas utilizadas no processo de desenvolvimento de moldes.....	57
Tabela 4.12-	Previsão das atividades em relação a recursos, cursos qualidade, escopo e tempo.....	57
Tabela 4.13-	Potenciais problemas na fase de planejamento nas empresas pesquisadas....	58
Tabela 4.14-	Informações para a realização do projeto do molde nas empresas portuguesas.....	59
Tabela 4.15-	Informações para a realização do projeto do molde nas empresas brasileiras.....	60
Tabela 4.16-	Descrição dos itens do molde que são estimados, calculados pelo cliente ou pelo fabricante de moldes.....	60
Tabela 4.17-	Seqüência de atividades utilizadas no projeto	72
Tabela 4.18-	Informações relatadas na realização do projeto do molde em relação ao processo de injeção e à montagem do componente injetado.....	73
Tabela 4.19-	Ordem de prioridade dos fabricantes de moldes no desenvolvimento.....	74

Tabela 4.20-	Formas de documentação das soluções de projeto e interação do setor de projeto.....	75
Tabela 4.21	Procedimento adotado pelas empresas pesquisadas para o projeto do sistema de refrigeração.....	75
Tabela 4.22-	Potenciais problemas relatados pelas empresas pesquisadas na fase de projeto de moldes de injeção	76
Tabela 4.23-	Tempo médio de desenvolvimento dos moldes pelas empresas pesquisadas.	78
Tabela 4.24-	Avaliação do andamento do projeto e alternativas para compensar atrasos no tempo.....	78
Tabela 4.25-	Potenciais problemas relacionados com o gerenciamento do projeto.....	79
Tabela 4.26-	Seqüenciamento utilizado na fabricação dos componentes do molde.....	79
Tabela 4.27-	Potenciais problemas na fabricação dos componentes do molde.....	80
Tabela 5.1-	Informações necessárias durante o desenvolvimento do molde.....	126
Tabela 5.2-	Atributos do cliente para o molde de injeção.....	136
Tabela 5.3-	Questões orientativas para o estabelecimento da importância dos requisitos do cliente.....	139
Tabela 5.4-	Questões orientativas abertas para informações extras dos requisitos do cliente.....	140
Tabela 5.5-	Lista de requisitos de projeto para o desenvolvimento de moldes de injeção.	141
Tabela 5.6-	Significado dos símbolos utilizados	150
Tabela 5.7-	Valores recomendados para a profundidade “A” de acordo com o material polimérico.....	159
Tabela 5.8-	Recomendações gerais para a fabricação das placas cavidades.....	170
Tabela 5.9-	Recomendações gerais para a montagem dos componentes do molde.....	171
Tabela 5.10-	Ferramenta de análise de defeitos de injeção – FR3.....	175
Tabela 6.1-	Perfil dos avaliadores que participaram da consulta.....	182
Tabela 6.2-	Questões elaboradas para a avaliação do modelo de referência proposto.....	183
Tabela 6.3-	Resultado individual da avaliação do modelo de referência.....	184
Tabela A.1-	Tipos de moldes de injeção com suas vantagens e desvantagens.....	211
Tabela B.1-	Relação das empresas fabricantes de moldes da cidade de Joinville.....	213
Tabela B.2-	Relação das empresas fabricantes de moldes da cidade de Joinville que realizam todo o ciclo de desenvolvimento de moldes de injeção de plásticos.....	220
Tabela G.1-	Principais tratamentos térmicos em molde de injeção.....	257
Tabela G.2-	Principais tratamentos de superfície em moldes de injeção.....	258

Tabela H.1- Vantagens e desvantagens da câmara quente.....	261
Tabela I.1- Ferramenta de suporte na escolha dos materiais e dos tratamentos nos componentes do molde –FR1a.....	262
Tabela I.2- Ferramenta de suporte na escolha dos materiais e dos tratamentos nas placas cavidades do molde – FR1b.....	263
Tabela J.1- Relação de normas técnicas aplicadas no desenvolvimento de moldes.....	269
Tabela K.1- Recomendações para o projeto preliminar do sistema de alimentação.....	272
Tabela K.2- Recomendações para o projeto preliminar do sistema de refrigeração.....	274
Tabela K.3- Recomendações para o projeto preliminar do sistema de extração.....	276
Tabela K.4- Recomendações para o projeto detalhado dos componentes do molde.....	278
Tabela M.1- Principais defeitos nos componentes injetados durante o processo de injeção.....	283
Gráfico 4.1- Itens calculados e estimados no projeto de moldes de injeção.....	61

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABC – *Activity Based Cost*
- CAD – Projeto Auxiliado por Computador
- CAE – Engenharia Auxiliada por Computador
- CAM – Manufatura Auxiliada por Computador
- CIMJECT – Laboratório de Projeto e Fabricação de Componentes de Plástico Injetados
- CNC – Controle Numérico Computadorizado
- CVD – *Chemical Vapour Deposition*
- DIN – *Deutsches Institut für Normung*
- DP – Desenvolvimento de Produtos
- ES – Engenharia Simultânea
- FMEA - Análise do Método de Falha e Efeito
- GP – Gerenciamento de Projetos
- HSM – *High Speed Machine*
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IDA – *Institute for Defense Analysis*
- IDEF0 – *Integration Definition Languages for Function Modeling 0*
- ISO – *International Standardization Organization*
- NeDIP – Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos
- QFD – Desdobramento da Função Qualidade
- PDCA – *Plan, Do, Check, Action*
- PDM – *Product Data Mangement*
- PCP – Planejamento e Controle da Produção
- PDP – Processo de Desenvolvimento de Produtos
- PIB – Produto Interno Bruto
- PMI – *Project Management Institute*
- PVD – *Physical Vapour Deposition*
- TRIZ – Teoria da Solução de Problemas Inventivos
- UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
- UGS – Unigraphics
- WBS – Desdobramento da Estruturas de Trabalho
- XML – *eXtensible Markup Language*

RESUMO

Diante de um mercado global cada vez mais competitivo, as empresas têm focalizado parte de seus esforços no desenvolvimento rápido e eficaz de novos produtos para atender as demandas e manter-se competitivas. No setor de componentes injetados, em geral, uma empresa é responsável pela criação do produto/componente; outra, pelo molde de injeção; e outra, pela fabricação dos componentes. Mesmo nos casos em que esses processos são realizados na mesma empresa, observam-se, normalmente, diferentes departamentos responsáveis pelas atividades.

O molde de injeção, no processo de desenvolvimento de componentes injetados, é um sistema complexo e de custo elevado, e de grande importância para a obtenção de componentes de qualidade. Contudo, é realizado por diferentes pessoas de forma fragmentada, potencializando vários problemas, tais como retrabalho, aumento dos custos e tempos de desenvolvimento.

Nesse contexto, este trabalho aborda, de forma abrangente, a sistematização do processo de desenvolvimento integrado de moldes de injeção de termoplásticos, considerando conceitos de metodologia de projeto, gerenciamento de projetos e de engenharia simultânea. Essa sistematização visa suportar as atividades da equipe que estará envolvida no desenvolvimento do molde de injeção, por meio de um modelo de referência que estruture os processos, suas entradas, atividades, saídas, métodos, ferramentas de suporte e que especifique os relacionamentos entre tais elementos.

Para avaliar a natureza dessa problemática, estabelecer as questões da pesquisa e planejar a proposição do modelo de referência, além do estudo da literatura pertinente ao tema, foram caracterizadas as práticas nas empresas fabricantes de moldes, identificando suas potencialidades e dificuldades em relação ao processo de desenvolvimento.

O modelo de referência proposto é constituído pelas seguintes fases: i) contratação do desenvolvimento do molde; ii) planejamento do processo de desenvolvimento do molde; iii) projeto do molde; iv) fabricação do molde; e v) certificação do molde. A avaliação do modelo foi realizada por especialistas nas áreas de conhecimento deste trabalho e por profissionais da indústria de moldes, apresentando resultados que mostram as contribuições do modelo proposto para o avanço na área de desenvolvimento de moldes.

Palavras-chave: Modelo de referência, moldes de injeção, componentes injetados.

ABSTRACT

In a global market which becomes every day more competitive, companies have focused great part of their efforts in presenting fast and efficient approaches for developing new products to comply the market demands and remain competitive. In the injected components area, in general, one company is responsible for designing the inject component/product; other, for developing the injection mold; and another one, for manufacturing the components. Even in the cases where these processes are managed by a unique company, there are normally different departments responsible for these activities.

The injection mold, in the injected components development process is a complex system with high costs and fundamental to ensure quality for the injected components. Therefore, several people are involved in the manufacturing process of an injection mold. The act contains different stages causing many problems such as rework, increasing the cost and the time of the whole process.

In this context this work approaches in an including form the integrated process systematization of the thermoplastics injection mold development considering concepts of project methodology, project management and concurrent engineering. This systematization aims to support activities of the team that will be involved in the injection mold development by a reference model that provides a structure to the processes, their inputs, activities, outputs, methods, support tools and that specifies the relationships between these elements.

To evaluate the nature of this problematic, to establish the questions of the research and to plan the proposal of the reference model, besides the subject literature study, the practices of the manufacturers in the molds companies were characterized, identifying their potentialities and difficulties in relation to the process development.

The reference model comprises the phases of: i) mold development contract; ii) mold development process planning; iii) mold design; iv) mold manufacture; and v) mold certification. The evaluation of the model was conducted by specialists in the area of expertise of this work and molds industry professionals, presenting results that validated the model and certified it as a great contribution to the advance in the mold development area.

Keywords: Reference model, injection mold, inject component.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - Generalidades

Vive-se hoje em um mercado global competitivo. As empresas, para se manter ativas, devem aperfeiçoar seus produtos ou serviços, oferecendo soluções inovadoras, de qualidade e de menor custo (AMARAL, 2001).

Nesse panorama, também se enquadram as empresas fabricantes de produtos de plástico. Segundo Fuh *et al.* (2004), cerca de 70% dos produtos manufaturados consumidos no mundo são oriundos do processo de moldagem de polímeros, sendo que os produtos obtidos pelo processo de injeção de termoplásticos (denominados componentes injetados) aparecem com grande destaque.

Contudo, o desenvolvimento de componentes injetados se caracteriza, segundo Ferreira (2002), em geral, pela fragmentação de atividades. Uma empresa projeta o componente, outra projeta e fabrica o molde de injeção e uma terceira é responsável pela fabricação do componente.

O projeto do molde de injeção é influenciado por uma série de fatores, como as restrições da máquina injetora, quantidade do componente injetado que se deseja produzir, parâmetros do processo de injeção, propriedades dos materiais (tanto do molde quanto do componente) e a forma geométrica do componente injetado.

Como na maioria dos casos, estas informações são tratadas por diferentes profissionais e de forma fragmentada, potencializam-se, assim, várias dificuldades associadas à comunicação entre as empresas envolvidas no processo, como a concepção de soluções que dificultam ou encarecem o projeto e a fabricação do molde, ocorrendo dessa maneira atrasos e elevação dos custos no desenvolvimento do componente injetado.

Tais problemas são oriundos, em parte, pela natureza do desenvolvimento de componentes injetados, que, de acordo com Ferreira (2002), é multidisciplinar, no sentido que a equipe que participa do desenvolvimento é formada por especialistas de várias áreas de conhecimento. Também é interdisciplinar, pois uma mesma pessoa necessita de informações das diversas áreas de conhecimento para o projeto do componente e do molde.

Nesse contexto, as empresas que fabricam moldes de injeção, denominadas de ferramentarias, têm grande importância no processo de desenvolvimento dos componentes injetados, pois utilizam as informações de projeto do componente injetado para desenvolver o molde, que será determinante na qualidade do componente injetado e em seus tempos de

fabricação, influenciando diretamente o seu custo final.

No processo de desenvolvimento de moldes, em muitos casos, só após o molde ter sido finalizado e testado é que são detectadas falhas na produção do componente injetado, tais como: o não preenchimento total das cavidades, pontos de injeção mal localizados, defeitos decorrentes da refrigeração deficiente do molde, degradação do material, linhas de solda e de junção visíveis ou deficitárias, além de bolhas de ar.

Além disso, muitas vezes o projeto do molde acaba sendo inadequado para a máquina ou material a ser utilizado, resultando no aumento do tempo de desenvolvimento, por não terem sido devidamente avaliados (CHIN e WONG, 1996; DARÉ, 2001).

Nesses casos, o molde, então, retorna para o fabricante de moldes, é retrabalhado e novamente testado, ocorrendo esse ciclo até que o funcionamento do molde esteja adequado, ou seja, até que os componentes injetados produzidos estejam de acordo com os padrões de qualidade desejáveis.

Muitas dessas constatações ainda são as mesmas relatadas por Ahrens (1994), o que comprova a persistência de problemas decorrentes da falta de disseminação de métodos apropriados para uso no processo de desenvolvimento de moldes de injeção.

Assim, em parte, esses problemas parecem persistir em decorrência da falta do emprego de uma sistemática de trabalho, de métodos e ferramentas de projeto e de gerenciamento no processo de desenvolvimento de moldes de injeção. Por esse motivo, o projeto do molde e o seu gerenciamento ficam sem apoio. Trabalha-se nesse processo sob os conhecimentos e a experiência de alguns poucos profissionais da equipe executora, e não de forma sistemática e integrada.

Por outro lado, os problemas parecem ocorrer, em decorrência de características próprias do setor de produção de moldes de injeção, como as apresentadas na seqüência.

1.2 - Características gerais do setor de produção de moldes de injeção

O setor produtor de moldes de injeção tem faturamento mundial na ordem de 20 bilhões de dólares em 2002. Os Estados Unidos, com um faturamento de mais de US\$ 5 bilhões, encontram-se entre os maiores fornecedores mundiais de moldes de transformação de plásticos e matrizes de estampo. Entre 1992 e 2000 as exportações norte-americanas cresceram 192%, conforme Resende (2002a). Seguindo os Estados Unidos, os maiores produtores mundiais de moldes são Japão e Alemanha.

Com relação à indústria brasileira de moldes de injeção, verifica-se que a balança comercial passou de um déficit de US\$ 61,8 milhões, em 1990, para um déficit de US\$ 120

milhões, em 2001 (FERRO, 2001). Esses resultados refletem a perda de competitividade no mercado internacional na década de 1990, associada à baixa capacidade da indústria nacional em acompanhar o desenvolvimento tecnológico ocorrido no setor, em âmbito mundial, além da demora no fornecimento e incapacidade de desenvolver alguns tipos de projetos.

Ainda segundo Ferro (2001), os moldes de grande porte, que correspondem a aproximadamente 75% da demanda nacional, são fabricados no exterior, principalmente na Alemanha, Itália, Espanha e no Canadá.

No período de 1990 a 2001, as exportações brasileiras de moldes cresceram 51% e as importações aumentaram 91%. O déficit anual, de acordo com a Figura 1.1, de 1996 a 2001, variou entre 100 e 160 milhões de dólares (RESENDE, 2002b).

No ano de 2005, segundo Dihlmann (2007), devido ao crescimento industrial, o déficit atingiu cerca dos 480 milhões de dólares.

Outros países, em contrapartida, se beneficiaram do mercado global de moldes. Portugal, por exemplo, exporta cerca de 90% de sua produção para mais de 50 países, situando-se nos anos de 1999 e 2003 em 8º e 5º lugar, respectivamente, entre os maiores fabricantes de moldes do mundo (MESQUITA, SIMÕES e CRUZ, 1999) e (ISTMA, 2003).

Em 2001, o principal país de destino das exportações brasileiras de moldes foi a Argentina, seguida dos Estados Unidos e do Chile. Venezuela e México encontram-se em quarto lugar nessa classificação, cada um com 9,9% das exportações brasileiras. Em quinto lugar está a China, com 9,5% das exportações brasileiras. Esses seis países importaram em 2001, segundo Resende (2002b), quase 80% da produção brasileira de moldes, ou seja, as exportações estão concentradas em poucos países.

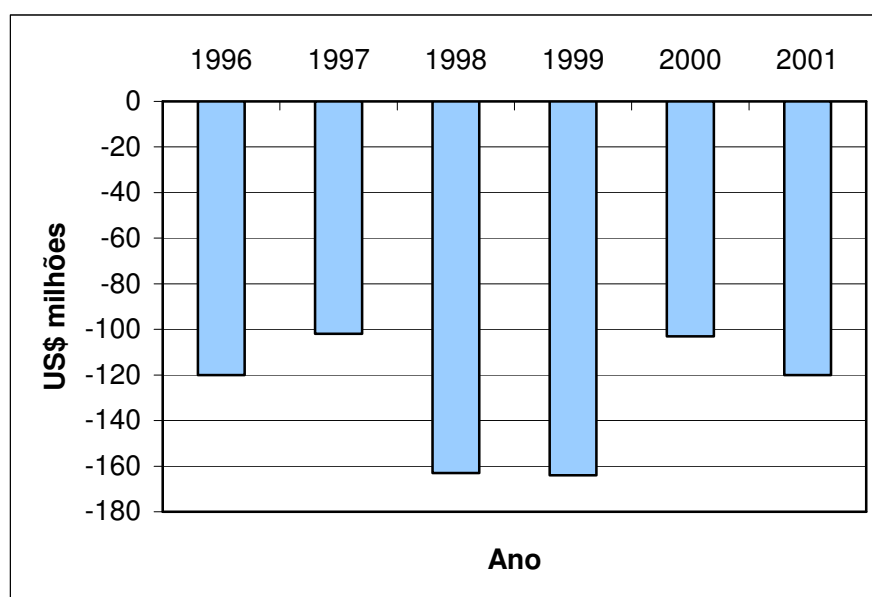


Figura 1.1 – Balança comercial brasileira de moldes (RESENDE, 2002b)

Nesse mercado, além da qualidade do produto e da redução de custos, é necessário ter o prazo de fornecimento como diferencial (*ibidem*). É essencial que as empresas do setor desenvolvam métodos de gerenciamento e implementem tecnologias e metodologias que considerem a redução do ciclo e dos custos de desenvolvimento de moldes; a flexibilidade do sistema produtivo, para adaptar-se rapidamente a novas demandas; e o aumento continuado da qualidade do produto final.

Segundo Resende (2002a), embora o uso de tecnologia nas empresas brasileiras seja crescente, de uma maneira geral o nível tecnológico e organizacional, comparado ao do Japão, dos Tigres Asiáticos, da Alemanha e da Península Ibérica, deve ser aprimorado, reforçando, assim, a necessidade de maiores estudos nessa área.

O Brasil possui cerca de 1.200 empresas no setor de fabricação de moldes e ferramentas. Elas se concentram no estado de São Paulo, na região de Caxias do Sul (Rio Grande do Sul) e na região Joinville (Santa Catarina), contando com cerca de no máximo 90 funcionários cada, que geraram em 2001 um volume de negócios em torno de U\$ 531 milhões de dólares (FERRO, 2001; 2002).

Somente na região de Joinville (Santa Catarina) estima-se a geração de 10 mil empregos diretos na categoria da base sindical do setor, com faturamentos oscilando entre R\$ 30 mil a R\$ 1 milhão por mês (FERRO, 2001).

Apesar do elevado faturamento, segundo Vieira e Romero (2005) e Ni *et al.* (2007), as empresas fabricantes de moldes, pela sua estrutura, são consideradas pequenas empresas, que, em geral, segundo Marquezi (1998), Nakamura (1999) e IBGE (2003), apresentam as seguintes características:

- a) alta taxa de natalidade e de mortalidade;
- b) a equipe que administra a empresa é formada por membros da família, que muitas vezes não possuem formação para tal;
- c) estreito vínculo entre os proprietários e as empresas, não se distinguindo principalmente em termos contábeis e financeiros pessoa física e jurídica;
- d) o planejamento estratégico é desestruturado, irregular e não compreensivo, ocorrendo de maneira segmentada no tempo, basicamente de acordo com uma orientação reativa, em vez de assumir um posicionamento proativo;
- e) centralização de decisões por parte do proprietário;
- f) limitam-se aos problemas diários, não restando tempo para a realização de um planejamento e desenvolvimento de novas técnicas, seja de gestão ou otimização da tecnologia existente;
- g) apresentam deficiência de pessoal técnico qualificado;

- h) dificuldade de implantação de programas de qualidade e pouco acesso à informação tecnológica;
- i) baixo investimento em inovação tecnológica;
- j) dificuldade de negociação com empresas de grande porte, em virtude de exigências em relação ao custo e prazo.

Uma pesquisa realizada por MaxiQuim Assessoria de Mercado (MAXIQUIM, 2000) com 96 empresas e organizações do segmento relacionado à cadeia de desenvolvimento de componentes plásticos brasileiros (44 empresas do setor de moldes e ferramentas, cinco empresas do setor petroquímico, 36 empresas transformadoras de plásticos, três entidades de ensino de nível técnico, quatro universidades e quatro entidades de classe do setor) constatou que a tecnologia de fabricação nesse setor necessita evoluir, pois conta ainda com muitas máquinas convencionais, salvo algumas empresas que possuem elevado número de máquinas de comando numérico.

Em relação aos *softwares* CA'x, entre eles o CAD¹ - Projeto Auxiliado por Computador, CAM² - Manufatura Auxiliada por Computador e CAE³ - Engenharia Auxiliada por Computador, há resistência de uso por parte de pequenas empresas fabricantes de moldes, que confiam mais na experiência do colaborador (denominado nesse setor de ferramenteiro), ao contrário de empresas de grande porte, que cada vez mais estão empenhadas em planejar a execução de seus projetos por meio de sistemas computacionais.

Ainda de acordo com MaxiQuim (2000), 86% das empresas fabricantes de moldes pesquisadas empregam *softwares* CAD, 64% utilizam o CAM e apenas 14% usam a CAE, sendo relatado como problemas dos dois últimos o alto custo de aquisição e manutenção, dificuldade de pessoal especializado e base de dados dos *softwares* não adequada.

Já o setor de fabricação de moldes em Portugal, segundo Dantas (2006), possui uma realidade diferente do Brasil, pois vai desde o investimento maior em máquinas e *softwares* até incentivos por parte de órgãos governamentais, tais como: apoio fiscal, empréstimos para compra de tecnologia e linhas de pesquisa em institutos criados especificamente para apoiar o desenvolvimento tecnológico na área de moldes. As diferenças nesse setor, quando comparados com o Brasil, são significativas, como mostrado na Tabela 1.1.

Nesta tabela, pode-se observar que há estratégias do governo português no sentido de melhorar e fortalecer o setor de moldes, entre elas a criação de entidades de formação profissional na área de moldes, incentivo à pesquisa para a melhora do processo produtivo,

¹ CAD: do inglês *Computer Aided Design*.

² CAM: do inglês *Computer Aided Manufacturing*.

³ CAE: do inglês *Computer Aided Engineering*.

além de incentivos e facilidades para aquisição de equipamentos. Tais ações governamentais possuem um grande impacto na competitividade desse setor em Portugal.

No Brasil a realidade é diferente à praticada em Portugal, pois há dificuldade de formação de recursos humanos e de renovação dos equipamentos em decorrência da falta de política de financiamento para o setor. Também não há um centro exclusivo de estudos para avanços nas pesquisas das atividades relacionadas ao processo de desenvolvimento de moldes, como em Portugal (Centimfe⁴) ou na Espanha (Fundação Ascamm⁵) que contribuem para o aprimoramento do processo de desenvolvimento de moldes tanto na área de projeto quanto na fabricação (GORNI, 2003).

Tabela 1.1 – Comparação no setor de moldes entre Brasil e Portugal (DANTAS, 2006)

BRASIL	PORTUGAL
Falta de recursos humanos na área técnica	Grande investimento em capacitação técnica, com cursos superiores e técnicos na área
Muitas máquinas e equipamentos antigos e com pouca tecnologia	Grande investimento em máquinas e ferramentas
Muitas empresas utilizam de forma inadequada os equipamentos	Investimento em estudos para maximizar a utilização dos equipamentos
Pouca parceria entre empresas e fornecedores	Grande parceria entre fornecedores de equipamentos para a melhora do processo produtivo de moldes
Pouca terceirização de acessórios para moldes, e muitas vezes sem qualidade	Grande utilização da terceirização com alta qualidade
Inexistência de grandes fornecedores de acessórios e componentes para moldes (DME, Hasco, etc.), o que dificulta a padronização	Facilidade na aquisição de acessórios e componentes padronizados com garantia de qualidade dos fornecedores
Falta de investimento em ferramentas e em <i>software</i> para aumentar a produtividade	Investimento em recursos computacionais visando à otimização do projeto
Poucas empresas possuem em seu organograma o gestor de projetos	Existência de gestores de projeto para acompanhamento dos processos entre a produção e o cliente

Segundo Silveira (2005), tradicionalmente as empresas fabricantes de moldes no Brasil se originam de empreendimentos de pessoas oriundas de outras empresas do mesmo setor e que no início das atividades trabalham com poucas máquinas. Com o decorrer do tempo crescem em produção, máquinas e número de colaboradores. Contudo, como os dirigentes são oriundos da área técnica de fabricação, a gestão da empresa e do processo de desenvolvimento do molde fica aquém do esperado.

Com esse crescimento, Silveira (2005) discute que há necessidade de se ter dados confiáveis de ocupação de carga máquina, de recursos humanos, prazos de execução de serviços terceirizados e de tratamento térmico, além de se conhecer os custos de

⁴ Centimfe: Centro Tecnológico da Indústria de Molde e Ferramentas Especiais de Plástico (www.centimfe.com).

⁵ Ascamm: Asociación Catalana de Moldes y Matrices (www.ascamm.es).

desenvolvimento do molde. De acordo com o autor, poucas empresas possuem essas características.

Assim, a ineficiência e o despreparo no gerenciamento do processo de desenvolvimento de moldes provocam atrasos de fornecimento destes, como foi constatado em uma pesquisa realizada no ano de 2004, em que, em um universo de 42 empresas fabricantes de moldes no Brasil, o prazo de fornecimento do molde foi cumprido por apenas seis empresas (SILVEIRA, 2005).

Ainda em seu trabalho, Silveira (2005) conclui que há necessidade de as empresas fabricantes de moldes buscarem:

- a) melhorar o processo de orçamentação do molde, tanto no sentido de estabelecer claramente as necessidades do cliente quanto no detalhamento das atividades que serão necessárias para a execução do projeto e fabricação do molde;
- b) elaborar uma planilha de custos consistente com a realidade;
- c) avaliar e cumprir os prazos estipulados;
- d) documentar todo o processo de desenvolvimento do molde;
- e) acompanhar de forma periódica o andamento do desenvolvimento do molde para que se tenha controle do cronograma e que o cliente seja informado do andamento do processo;
- f) desenvolvimento de listas de verificação para a aprovação do molde;
- g) emissão de documentação de fornecimento do molde.

Conforme se observa, em linhas gerais, o setor de moldes de injeção movimentava valores consideráveis na economia. O mercado brasileiro nesse setor tem um grande potencial de crescimento. Entretanto as empresas apresentam problemas que precisam ser resolvidos com relação ao processo de desenvolvimento dos moldes, sejam de gerenciamento, de metodologia, de ferramentas de projeto, bem como de tecnologias de fabricação.

1.3 - Objetivos

Com base no cenário e na problemática expostos anteriormente, os objetivos do trabalho são como segue.

1.3.1 - Objetivo geral

Desenvolver um modelo de referência para o processo de desenvolvimento integrado de moldes de injeção de termoplásticos que relacione elementos de metodologia de projeto, gerenciamento de projetos e de engenharia simultânea.

1.3.2 - Objetivos específicos

- a) Analisar e caracterizar as práticas do desenvolvimento de moldes de injeção em empresas fabricantes de moldes visando utilizar os resultados como base para a proposição do modelo de referência;
- b) Sistematizar o processo de desenvolvimento de moldes, incluindo conceitos e métodos de gerenciamento de projetos, para que o fabricante de moldes utilize os recursos internos e externos de maneira mais eficiente, cumprindo os prazos, custos e padrões de qualidade estabelecidos pelo cliente;
- c) Considerar no modelo técnicas de engenharia simultânea, objetivando: a diminuição do tempo de desenvolvimento e dos custos de retrabalho, o aumento da qualidade do molde de injeção e a aproximação dos diversos setores ou empresas que realizam o processo de desenvolvimento;
- d) Desenvolver métodos e ferramentas de apoio às atividades relacionadas à orçamentação, ao planejamento, ao projeto e a certificação de moldes de injeção;
- e) Avaliar o modelo proposto e as ferramentas desenvolvidas com especialistas e profissionais da área.

1.4 - Justificativas

Conforme descrito anteriormente, o desenvolvimento de moldes de injeção é influenciado por uma série de fatores, que são tratados por diferentes profissionais e de forma fragmentada, potencializando vários problemas, em virtude da falha de comunicação entre os envolvidos.

Nesse caso, os problemas são resolvidos tardiamente, provocando atrasos, elevação de custos e comprometimento da qualidade do molde e do produto final. Em particular, muitas informações de projeto do molde continuam sendo obtidas e desenvolvidas por meio de equações empíricas e baseadas na experiência dos projetistas (AHRENS, 1994; OGLIARI, 1999; VALLEJOS, GOMES E WEINGAERTNER, 1998; MENNIG, 1998; COSTA, 2000; DARÉ, 2001; BEAUMONT, NAGEL e SHERMAN, 2002).

No processo de desenvolvimento de componentes injetados, a empresa fabricante de moldes executa as atividades que são necessárias para projetar, fabricar e entregar o molde a um cliente, que esteja adequado para a produção do componente injetado. Deve-se coordenar nesse processo uma série de informações, por meio das interfaces entre os envolvidos, devendo estar bem definido o que fazer, quando fazer e como fazer.

De acordo com Reck Neto (2001), o processo de projeto de moldes pode ser acelerado por intermédio da sistematização, reduzindo-se a possibilidade de se tomar decisões erradas e adotar soluções de projeto inadequadas.

A sistematização desse processo pode ser realizada com base em metodologias de projeto de produtos e de gerenciamento de projetos, especificando e desenvolvendo métodos e ferramentas apropriadas para problemas particulares no desenvolvimento de moldes de injeção, como, por exemplo, estimativa de custo de desenvolvimento de moldes e armazenamento e uso eficiente de informações de projeto.

Assim, a **hipótese** deste trabalho é que a utilização pelas empresas fabricantes de moldes de um **modelo de referência para o desenvolvimento integrado de moldes de injeção** facilitará a obtenção de moldes de qualidade, baixo custo, e num menor tempo, pois consistirá de princípios e conhecimentos de metodologias de projetos, gerenciamento de projetos e de engenharia simultânea. Contando também com o apoio de métodos e ferramentas de suporte, com o intuito das empresas estruturarem seus processos e de auxiliar na capacitação de profissionais do setor.

A proposta do trabalho está centrada na melhoria dos fatores internos da empresa, iniciando com a elaboração de um diagnóstico inicial, que servirá de base para a proposição de formas de organização do trabalho do processo de desenvolvimento de moldes de injeção por meio de uma sistemática apropriada, possibilitando às empresas desse setor se tornarem mais competitivas no mercado global.

1.5 - Estrutura da tese

Além deste capítulo, que descreve as características gerais do setor de produção de moldes de injeção, a problemática relacionada, os objetivos geral e específicos e as justificativas para a realização do trabalho, a tese é estruturada conforme os capítulos descritos a seguir.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão de conceitos de desenvolvimento de produto, processo de projeto de produtos, engenharia simultânea, gerenciamento de projetos, como subsídios para fundamentar a proposta e indicar seu referencial teórico.

O Capítulo 3 traz uma revisão sobre o desenvolvimento de moldes de injeção de termoplásticos, conceitos e métodos de determinação geral de custos e de orçamentação de moldes. São relatados também os principais resultados da pesquisa exploratória em que se procurou estudar com maiores detalhes as características do desenvolvimento de moldes.

No Capítulo 4 tem-se a apresentação dos resultados da pesquisa de campo realizada com fabricantes de moldes nos pólos industriais de Marinha Grande (Portugal) e de Joinville (Brasil).

No Capítulo 5 é apresentada a proposta do modelo de referência para o desenvolvimento integrado de moldes de injeção, explicando seus elementos principais, os métodos, as ferramentas prescritas e a natureza dos resultados pretendidos.

O Capítulo 6 apresenta a avaliação realizada por especialistas nas áreas de abrangência deste trabalho e de profissionais do setor da aplicabilidade do modelo de referência proposto.

No Capítulo 7 são discutidas as conclusões do presente trabalho e apresentadas sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS: REVISÃO E ANÁLISE DE CONCEITOS PARA APLICAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE MOLDES

Este capítulo apresenta a revisão da literatura em relação aos conceitos de metodologia de desenvolvimento de produtos, engenharia simultânea e gerenciamento de projetos, com o objetivo de desenvolver base conceitual para a elaboração do modelo de referência para o desenvolvimento integrado de moldes para injeção de termoplásticos.

2.1 - Desenvolvimento de produtos

O sucesso econômico de uma empresa depende de sua capacidade de identificar as necessidades de seus consumidores e rapidamente criar produtos que os satisfaçam a um custo baixo (ULRICH e EPPINGER, 2000).

Grandes empresas alcançam sucesso e longevidade porque geram novos produtos continuamente (LYNN e REILLY, 2003). Assim, o desenvolvimento de novos produtos, em um menor tempo, e com foco nas necessidades dos consumidores, é vital para a permanência das empresas no mercado.

Definem-se como produtos, objetos tangíveis, que têm como finalidade atender às necessidades dos usuários, sendo comercializados por uma empresa. Por Desenvolvimento de Produtos (DP) entende-se as atividades que se iniciam com a percepção da oportunidade de mercado e são concluídas com a venda e fornecimento do produto ao cliente (ULRICH e EPPINGER, 2000).

O DP é um processo em que há atividades de especificação de problemas e criação de soluções de projeto, necessitando de comprometimento, comunicação e persuasão dos envolvidos (OTTO e WOOD, 2001). Esse processo pode ser realizado com atividades em série ou em paralelo, cuja programação depende da natureza das atividades, suas entradas e saídas.

O DP também pode ser considerado como um dos processos-chave das organizações e um dos mais complexos, pois apresenta relações com praticamente todas as demais funções de uma empresa (MUNDIM, 2002). Isso reforça a necessidade de práticas que auxiliem esse processo e o torne de excelência na organização.

A pesquisa realizada por Lynn e Reilly (2003) identificou as melhores práticas de DP em empresas de grande destaque. Os resultados apontaram para:

- a) compromisso e contribuição da gerência sênior;

- b) visão estável e nítida, com o estabelecimento de metas para o produto;
- c) capacidade de lidar com situações não previstas;
- d) compartilhamento de informações entre os envolvidos;
- e) colaboração sob pressão.

Pode-se destacar que a visão estável de forma clara e sistêmica do processo e dos objetivos com que o produto que está sendo elaborado é de fundamental importância para o sucesso do empreendimento. Entre as definições necessárias e mais importantes, inclui-se a definição adequada dos objetivos do projeto, que precisam ser entendidos por todos os envolvidos.

O projeto de desenvolvimento de um produto, de acordo com Romano (2003), é definido como “um empreendimento cujo objetivo é executar o processo de geração de uma idéia de um bem material ao longo de várias fases até o lançamento do produto no mercado”. Esse processo é denominado de Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), conforme mostrado na Figura 2.1.

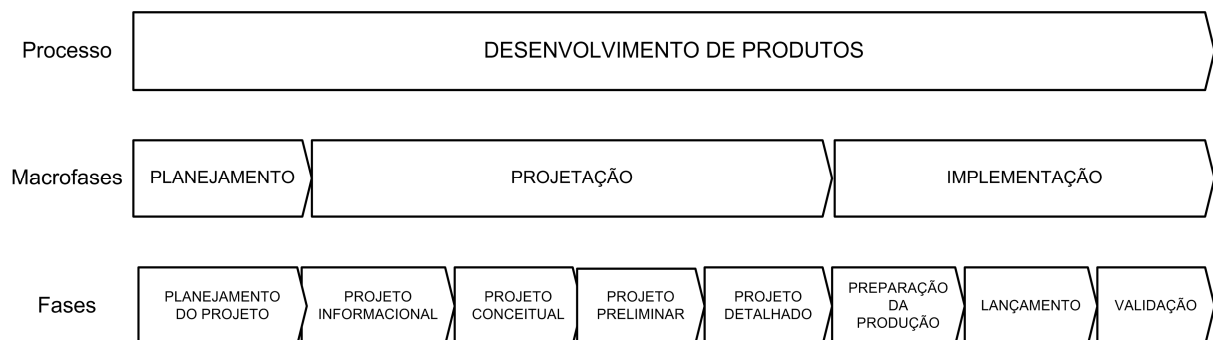


Figura 2.1 – Macrofases e fases para o processo de desenvolvimento de produtos (Adaptado de ROMANO, 2003)

De acordo com a Figura 2.1, o PDP é dividido nas seguintes macrofases: **planejamento**, **projeção** e **implementação**. Essas macrofases ainda são subdivididas em fases que englobam: a fase de planejamento do projeto, a de projeto (informacional, conceitual, preliminar e detalhado) e por fim a preparação da produção, lançamento e a validação do produto.

Na macrofase de **planejamento** busca-se como saída os planos de projeto, suprimentos, qualidade e segurança do produto a ser desenvolvido, que vão servir para gerenciar e controlar todo processo de desenvolvimento. Essa macrofase possui como entradas as informações de análise econômica e de custo, volume a ser produzido e prazos para as tarefas a serem executadas.

Já na macrofase de **projeção**, que é subdividida nas fases de projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado, tem-se como objetivo considerar as necessidades dos clientes de todo o ciclo de vida do produto, que está sendo desenvolvido para a geração de concepções e a elaboração do projeto detalhado final do produto. Trata-se da fase de execução do processo de projeto do produto.

A macrofase de **implementação** é aquela em que o resultado das fases anteriores é colocado em prática, na forma de um produto realizado fisicamente, testado e comercializado.

Uma das dificuldades dos fabricantes de moldes é em relação ao estabelecimento do escopo do produto e do processo de maneira clara e objetiva, contrapondo umas das melhores práticas em DP, em que os objetivos do projeto devem ser entendidos por todos os envolvidos.

Assim, o modelo de referência visa auxiliar na definição clara do escopo do projeto e do processo, para que os envolvidos estejam cientes dos objetivos e de suas atividades. O modelo buscará também contemplar as fases de planejamento, projeto (informacional, conceitual, preliminar e detalhado) e produção, conforme apresentado anteriormente.

2.2 - Processo de projeto de produtos

Para a realização da macrofase de **projeção**, conforme o item anterior, há necessidade de utilizar metodologia de projeto, visando orientar as ações da equipe por meio de métodos e ferramentas de solução de problemas e avaliação de resultados.

Na literatura especializada sobre o assunto, as primeiras abordagens sobre metodologia e processo de projeto datam da década de 1960, segundo Back *et al.* (2008). No fim da década de 1970 e início de 1980 conforme Pahl *et al.* (2005) vários autores na Alemanha se dedicaram ao tema como Koller, R.; Beitz, W; Roth, K.; além do próprio Pahl, G.

Nos EUA na década de 1990 e início de 2000 as obras como a de Pugh (1991), Clausing (1994), Roozenburg e Eekels (1995), Ulman (1996), Ulrich e Eppinger (2000) e de Otto e Wood (2001) abordaram o tema de desenvolvimento de produtos e desenvolvimento integrado de produtos. No Brasil o tema de metodologia de projeto foi apresentado nos livros de Back (1983), Rozenfeld *et al.* (2006) e Back *et al.* (2008).

Com base nesses trabalhos, o processo de projeto foi detalhado em suas atividades, métodos e ferramentas, como por exemplo, por Maribondo (2000) e Fonseca (2000), visando à implementação de ferramentas computacionais de apoio ao projeto. Em Romano (2003), o processo de projeto foi formalizado e denominado de projeção, sendo subdividido em quatro fases: projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado, conforme a Figura 2.1.

A fase de **projeto informacional** tem como objetivo a identificação das necessidades dos usuários do projeto e transformação dessas necessidades em especificações de projeto. Para tal, é preciso utilizar métodos e ferramentas que prescrevem o caminho a ser percorrido pela equipe de projeto. Entre os métodos e ferramentas recomendados para essa fase, inserem-se, por exemplo, pesquisa de mercado, questionário estruturado, simulação de uso do produto, matriz de apoio à conversão de necessidades em requisitos de projeto (FONSECA, 2000), modelos de ciclo de vida do produto e a matriz da casa da qualidade.

A fase de **projeto conceitual** tem como finalidade a geração de uma concepção para o produto que está sendo desenvolvido que satisfaça as necessidades e as especificações de projeto da fase anterior. Trata-se da fase de criatividade do processo de projeto em que as soluções para as funções do produto são geradas e avaliadas. Entre os métodos e ferramentas recomendados para o projeto conceitual, tem-se: síntese de funções do produto, métodos de criatividade, em geral (*brainstorming*, analogias, TRIZ - Teoria da Solução de Problemas Inventivos e matriz morfológica) e métodos de seleção de soluções, como matrizes multicritérios (BACK, 1983; PAHL e BEITZ, 1996; ULLMAN, 1996).

O **projeto preliminar** tem como intuito o desenvolvimento de um leiaute otimizado para o produto, envolvendo atividades de modelagem, simulação, análise e otimização do produto, de acordo com critérios técnicos e econômicos. Nessa fase, podem ser utilizados os *softwares* CAD, CAE e CAM como ferramentas de trabalho e vários métodos de projeto, dependendo do problema em questão e do domínio de aplicação. Definem-se, nessa fase, as principais dimensões do produto, materiais e processos de fabricação, bem como os custos do produto.

Por fim, no **projeto detalhado** procura-se finalizar o projeto, verificando-se todas as soluções geradas, concluindo os desenhos dos componentes, de montagem e documentações de dimensionamento, para a liberação do produto à fabricação.

Pretende-se, assim, que os elementos do processo de projeto sejam considerados no modelo de referência deste trabalho, pois, segundo Kerzner (2002), a utilização de uma metodologia traz benefícios a curto e a longo prazo para as empresas. As vantagens a curto prazo são: diminuição do tempo de ciclo e de custos de desenvolvimento, planejamento realista, melhor comunicação quanto ao “o quê” se espera das equipes e “quando”, além do retorno do conhecimento adquirido. Já, os benefícios a longo prazo são maior rapidez no fornecimento ao mercado mediante controle mais rígido, redução dos riscos, melhor gerenciamento dos riscos e aumento da confiança.

2.3 Engenharia simultânea

O desenvolvimento de produtos, em muitas empresas, segue a seqüência de processos apresentada na Figura 2.2, de acordo com Syan e Menon (1994).

Nesse processo, o departamento de *marketing* detecta uma oportunidade, com base nas necessidades dos clientes, e passa para a engenharia as informações necessárias para realizar o projeto do produto. A engenharia, por sua vez, repassa os resultados de seu trabalho (o projeto do produto) para a engenharia industrial, para a realização da programação da produção e fabricação do lote piloto, para que sejam realizados testes e finalmente liberados para a produção em grande quantidade.

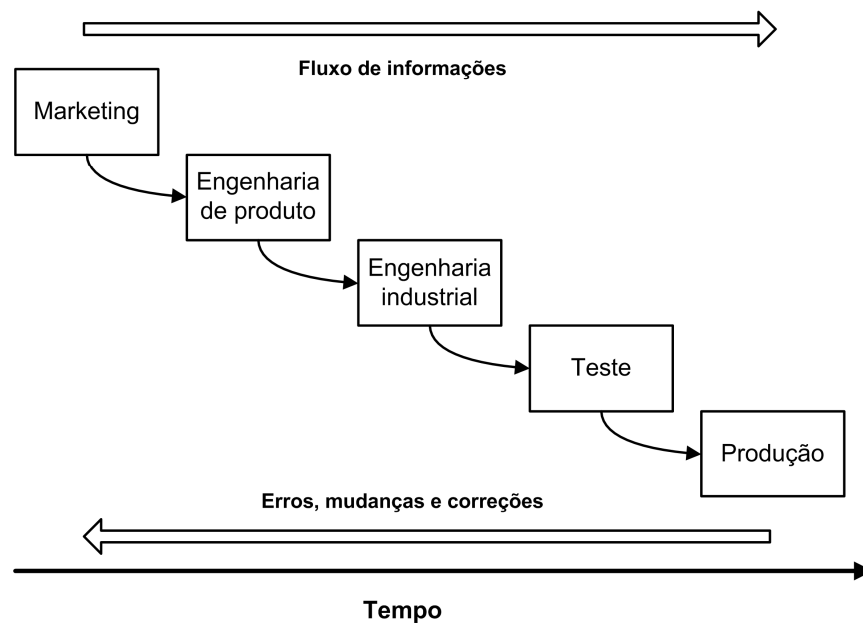


Figura 2.2 – Seqüência de processos de desenvolvimento de produto (Adaptado de SYAN e MENON, 1994)

Esse processo é tipicamente realizado em estruturas conhecidas como funcionais, nas quais, pela natureza das estruturas, os processos de decisão são hierárquicos e podem comprometer o desempenho do processo.

Portanto, como o fluxo de informações é seqüencial e a estrutura, funcional, as etapas são realizadas com certa independência, ou seja, cada um faz sua parte. Assim, informações que são importantes para decisões nas fases iniciais do processo de projeto, por exemplo, não aparecem antecipadamente, ocasionando eventuais erros ou mudanças do projeto ao longo de seu desenvolvimento que acarretarão em atrasos no cronograma inicial estipulado, além de aumentar os custos relacionados ao projeto como um todo.

Segundo Syan e Menon (1994), o processo seqüencial apresenta várias desvantagens:

- a) especificações de produto insuficientes, levando a excessivas modificações

posteriores;

- b) o produto é realizado sem atenção a sua fabricabilidade;
- c) os custos finais geralmente são maiores que o projetado;
- d) prováveis mudanças em relação ao projeto tornam-se onerosas.

Para minimizar os efeitos de processos seqüenciais e quebrar as barreiras entre as equipes ou setores de desenvolvimento, algumas metodologias e práticas foram desenvolvidas, entre elas a **Engenharia Simultânea (ES)**. Para Smith (1997), a ES baseia-se em quatro fundamentos:

- a) consideração das restrições e requisitos da manufatura nas especificações de projeto;
- b) formação de equipes multidisciplinares;
- c) foco nas necessidades dos usuários durante a fase de projeto;
- d) utilização do tempo de desenvolvimento menor como força de vantagem competitiva.

De acordo com Syan e Menon (1994), em 1986 o *Institute for Defense Analysis (IDA)* incluiu no relatório R-388 a denominação de engenharia simultânea para explicar o método sistemático do projeto do produto e do processo:

A engenharia simultânea é um método sistemático para integração de projeto de produtos e seus processos, incluindo a manufatura e suporte. Este método tem por objetivo fazer com que os envolvidos considerem todos os elementos do ciclo de vida do produto, desde sua concepção até a venda, incluindo qualidade, custo, prazo e outros requisitos.

Outra definição para a ES é encontrada em Smith (1997):

Termo aplicado para uma filosofia de cooperação multifuncional no projeto de engenharia, a fim de criar produtos que sejam melhores, mais baratos e introduzidos no mercado mais rapidamente.

Segundo Sprague, Singh e Wood (1997), a ES é uma:

Abordagem sistemática para o projeto simultâneo e integrado de produtos e de processos relacionados, incluindo manufatura e suporte, considerando todos os elementos do ciclo de vida do produto, desde sua concepção até seu descarte, incluindo a qualidade, custo, prazos e requisitos dos clientes.

Os objetivos da ES, de acordo com Syan e Menon (1994), Sprague, Singh e Wood (1997), Daré *et al.* (2001) e Romano (2003), são:

- a) diminuir o tempo de desenvolvimento de produto;
- b) aumentar a rentabilidade, a competitividade e a qualidade;
- c) obter maior controle do projeto e dos custos de fabricação;
- d) aproximar os departamentos;
- e) assegurar a reputação das companhias e de seus produtos;

- f) promover o espírito de equipe;
- g) estabelecer o claro entendimento do projeto e buscar comprometimento para o seu sucesso;
- h) reduzir as modificações no protótipo;
- i) otimizar a solução de projeto.

Alguns modelos propostos na literatura procuram expressar os conceitos da ES, principalmente na forma do paralelismo entre as atividades e processos, por exemplo, o de Yazdani e Holmes (1999), mostrado na Figura 2.3.

Pode-se observar na Figura 2.3 que com a utilização de ES as fases do processo de desenvolvimento têm seu início antecipado, ocorrendo, por exemplo, na forma de programação paralela de atividades e interação entre as equipes de desenvolvimento. Como as fases são realizadas em paralelo, há redução do tempo de desenvolvimento, além de redução de custos gerados por possíveis retrabalhos, tendo em vista a discussão integrada e antecipada de potenciais problemas futuros.

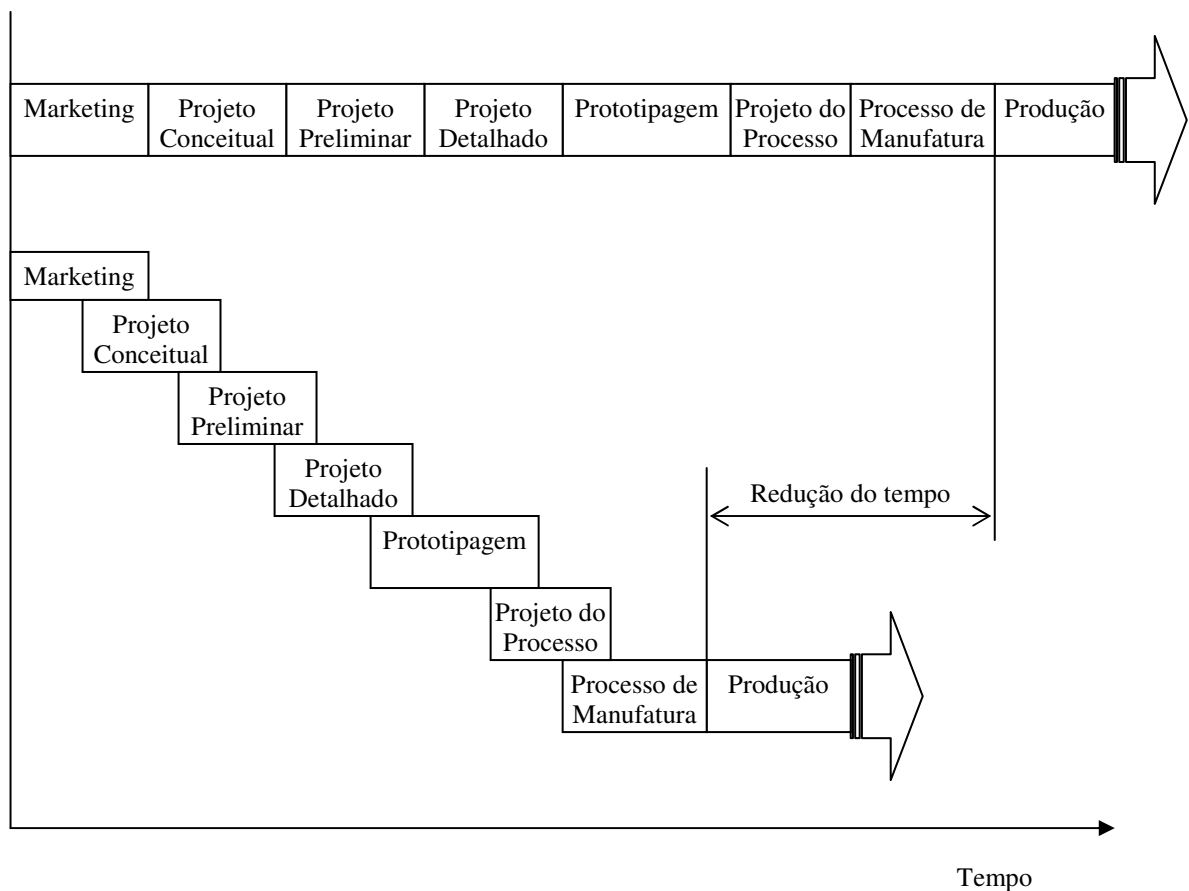


Figura 2.3 – Engenharia seqüencial e simultânea (Adaptado de YAZDANI e HOLMES, 1999)

Contudo algumas dificuldades são encontradas na implementação da ES, como a individualidade das pessoas e a dificuldade de trabalho, quando a equipe possui vários integrantes (DARÉ *et al.*, 2001; BORSATO, 2003). Outra dificuldade, segundo Sprague, Singh e Wood (1997), é que os profissionais ainda não estão acostumadas a trabalhar em equipe, além disso, cada departamento possui sua própria linguagem, ferramentas, procedimentos e práticas de projeto. Tudo isso se traduz em barreiras para a ES.

Parsaei e Sullivan (1993) classificam as barreiras para a implementação da ES como sendo **organizacionais e técnicas**. Entre as **barreiras organizacionais**, citam:

- a) **deficiência no suporte da alta gerência:** as implementações devem ser iniciadas e apoiadas pela alta gerência;
- b) **clima organizacional não adequado:** quando a organização possui sinergia entre seus funcionários e entre os departamentos há uma maior facilidade de implementação dos conceitos de ES;
- c) **gerentes funcionais resistentes:** a ES necessita de uma equipe multifuncional, assim há resistência de alguns gerentes em ceder pessoas de sua equipe para o trabalho;
- d) **sistema de gratificação inadequado:** há empresas que possuem sistemas departamentais de gratificações, podendo ocorrer conflitos com a equipe multifuncional;
- e) **deficiência no envolvimento do consumidor:** a ES deve considerar todo o ciclo de vida do produto, assim informações dos consumidores são importantes, contudo algumas empresas não procuram envolver seus consumidores no desenvolvimento do produto;
- f) **deficiência no envolvimento dos fornecedores:** a participação dos fornecedores na equipe multifuncional será importante para que o projeto analise antecipadamente possíveis problemas que poderão ocorrer, com peças de outros fabricantes, materiais ou processos de fabricação necessários;
- g) **barreiras à criatividade:** alguns projetistas se sentem limitados no exercício da criatividade quando se encontram em uma equipe multifuncional.

E em relação às **barreiras técnicas**, cita-se, com certa frequência, a utilização de *softwares* CAD/CAM. Se esses aplicativos forem empregados corretamente, possibilitam o trabalho simultâneo de várias pessoas e facilitam a comunicação de dados de projeto. Há necessidade então que cada empresa analise suas reais necessidades de utilização de aplicativos, para que estes não atrapalhem o ciclo de trabalho.

Para haver o sucesso na implementação da ES, Parsaei e Sullivan (1993) sugerem cinco ações:

- a) transformação cultural da empresa, pois a ES pressupõe mudança nos conceitos de organização para o trabalho;
- b) mudanças organizacionais, pois há necessidade da formação de equipes com membros de diferentes departamentos;
- c) elaboração de uma equipe de ES;
- d) suporte de tecnologia à equipe de ES;
- e) definição e integração de regras de trabalho para auxiliar a ES.

Segundo Daré *et al.* (2001), a abordagem do DP de componentes injetados considerando a ES é adequada, pois esse processo se caracteriza pela multidisciplinaridade, separado por fases, que são pouco integradas (projeto do componente, do molde e a fabricação do componente injetado). Os autores, utilizando a prática de ES no DP, constataram que “o emprego de uma sistemática de projeto [...] possibilitou uma troca intensa de informações entre os membros da equipe [...]”.

Alguns trabalhos em que a ES é aplicada no desenvolvimento do molde de injeção têm sido apresentados na literatura. Lee, Chen e Lee (1997), por exemplo, propõem um sistema computacional para auxiliar a prática de ES e também para ser uma base de informações a fim de auxiliar os projetistas, quando do desenvolvimento do molde. Utilizando a técnica *Integration Definition Languages for Function Modeling – 0* (IDEF0), realizaram a modelagem do processo com seus respectivos elementos (entradas, saídas, mecanismos e controles).

Segundo Maranhão e Macieira (2004), a definição dos elementos empregados na técnica IDEF0 para a modelagem de processos são:

- a) **entradas:** informações ou objetos físicos a serem processados ou transformados pela tarefa;
- b) **mecanismos:** recursos físicos e/ou informações necessárias para execução das tarefas (*e.g.* ferramentas, metodologias);
- c) **controles:** informações utilizadas para controlar ou monitorar a tarefa;
- d) **saídas:** informações ou objetos físicos processados ou transformados na tarefa.

O sistema computacional proposto por Lee, Chen e Lee (1997) apresenta-se na forma de um *software* de CAD/CAE, um banco de dados e um sistema especialista integrado por uma linguagem C++. Com isso foi proposta a manipulação integrada de várias informações, como a geometria do produto, conhecimentos de projeto e construção de moldes, em que em uma

mesma plataforma o projetista pode consultar tais informações para desenvolver simultaneamente o molde.

Ambientes colaborativos também têm sido utilizados para melhorar a eficiência do setor de desenvolvimento de componentes e moldes (CHUNG e LEE, 2002). Na proposta dos autores, o ambiente de desenvolvimento de um componente injetado é caracterizado pelo trabalho de profissionais de vários setores de uma mesma empresa e de empresas diferentes.

Existe interação entre a empresa principal, que realiza o projeto, a empresa que transforma a matéria-prima no componente e a empresa fabricante de moldes, conforme é observado na Figura 2.4.

Para reduzir o tempo de desenvolvimento e de erros causados por falhas na comunicação entre os envolvidos, Chung e Lee (2002) propuseram um sistema computacional que utiliza a linguagem *eXtensible Markup Language* (XML) para que o desenvolvimento possa ser simultâneo, via internet.

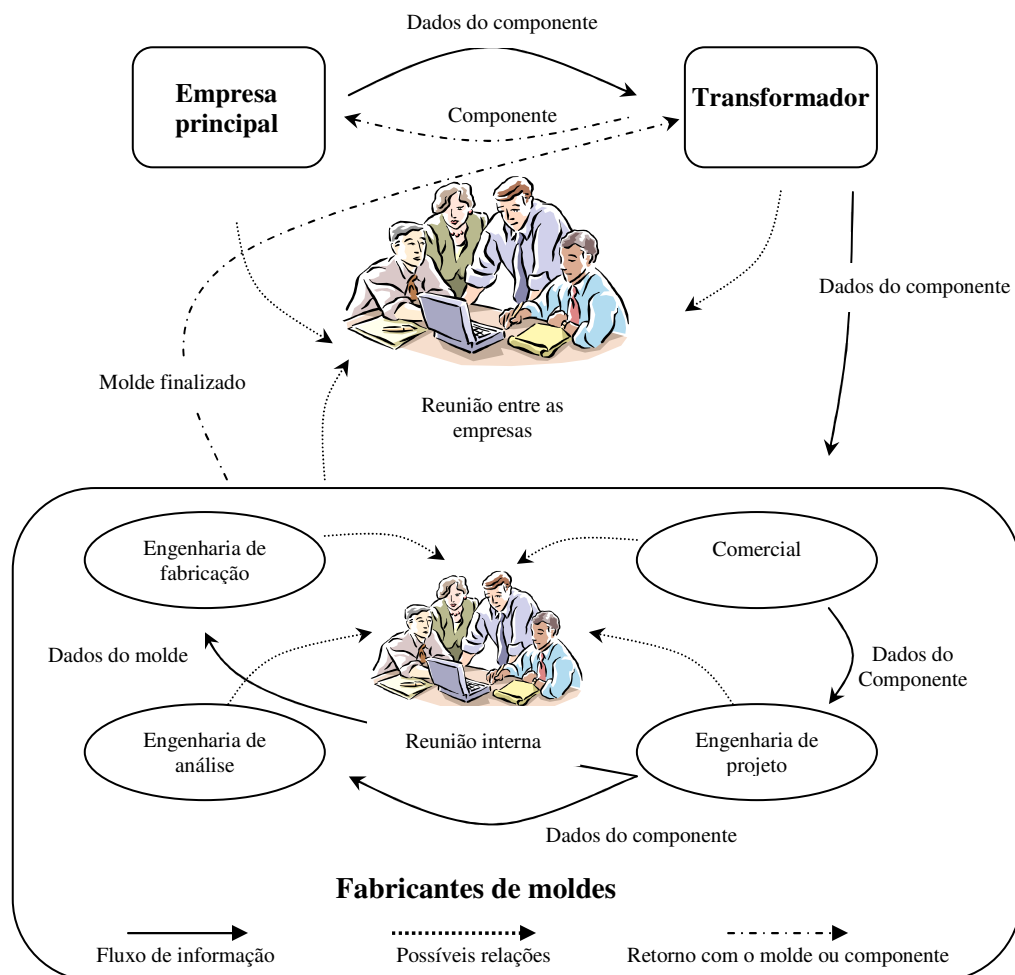


Figura 2.4 – Fluxo do trabalho no processo de desenvolvimento de moldes de injeção (Adaptado de CHUNG e LEE, 2002)

No fluxo do trabalho do processo de desenvolvimento de moldes de injeção observado na

Figura 2.4, a empresa principal transmite os dados do componente para o transformador que vai fabricá-lo, e este o repassa para a empresa fabricante de moldes, a fim de realizar o molde.

No fabricante de moldes, após a realização do processo interno de desenvolvimento, que conta com a participação de vários profissionais, o molde é entregue ao transformador, onde será utilizado para a obtenção dos componentes injetados, que serão enviados à empresa principal, finalizando o ciclo.

Pode-se observar que durante o ciclo de desenvolvimento há necessidade de intensa troca de informações para que o processo se realize por completo, contudo métodos sistemáticos que prevêm as atividades necessárias, quem deve executá-las, quais informações pertinentes em cada atividade de trabalho não foram especificados neste trabalho.

Tonolli (2003) também apresenta a proposta de um ambiente colaborativo para o desenvolvimento de moldes para injeção. O autor propõe a técnica IDEF0 para a modelagem dos processos envolvidos.

Neste trabalho foram identificados os atores principais do processo de desenvolvimento de moldes, suas competências e o grau de influência de cada um nas informações, a fim de melhorar a comunicação e a troca de informação entre os envolvidos do desenvolvimento do molde de injeção. Entretanto, nesta proposta, não foi utilizada uma metodologia de projeto de molde, nem tampouco abordadas com maior ênfase práticas de gerenciamento de projetos para planejar os trabalhos necessários.

A utilização da ES no desenvolvimento de moldes é de grande importância, pois, como visto anteriormente, várias pessoas participam do processo de desenvolvimento, que por não estar sistematizado provoca retrabalho, atraso nos prazos iniciais e elevação dos custos.

Assim, o modelo de referência deste trabalho deverá considerar os conceitos a ES (por exemplo, foco nas necessidades dos usuários e formação de equipes multidisciplinares) para obter a diminuição do tempo de desenvolvimento e dos custos do molde de injeção, além do aumento de sua qualidade, e possibilitar a aproximação dos diversos setores da empresa ou das diversas empresas que realizam o processo de desenvolvimento.

2.4 Gerenciamento de projetos

O processo de desenvolvimento de moldes de injeção é constituído de atividades que possuem início, meio e fim, devendo utilizar com eficiência os vários recursos internos e externos à empresa disponível (máquinas, pessoas, serviços terceirizados), controlando os custos, a qualidade e o prazo de execução do molde. Por causa dessas características, o gerenciamento de projetos pode ser aplicado a esse processo, pois possui características de temporariedade e unicidade e deve ser planejado, executado e controlado.

De acordo com o *Project Management Institute* (PMI) (PMBOK, 2004), projeto é um empreendimento temporário, que possui início, meio e fim, tendo como objetivo criar um produto ou serviço único.

O Gerenciamento de Projetos (GP), segundo o PMBOK (2004), é a aplicação de conhecimentos, ferramentas, métodos, habilidades e técnicas para planejar, executar e controlar as atividades, visando atender aos requisitos do projeto.

O GP aplicado no processo de desenvolvimento de produtos tem sido apontado por alguns autores como uma forma adequada de organização e condução dos trabalhos, pois, conforme Kerzner (1998), o objetivo do gerenciamento de projetos é utilizar os recursos da empresa para certa atividade, de maneira eficiente e eficaz, de acordo com os limites de tempo e custo, com nível de desempenho aceitável pelo consumidor.

Segundo a metodologia do PMBOK (2004), o GP apresenta nove processos de gerenciamento que tratam da: integração, escopo, tempo, custos, qualidade, recursos humanos, comunicação, riscos e aquisições no projeto. Na Figura 2.5, apresentam-se os processos e as correspondentes atividades para o GP, e os objetivos de cada processo são mostrados na Tabela 2.1 (DINSMORE, 2003; PMBOK, 2004).

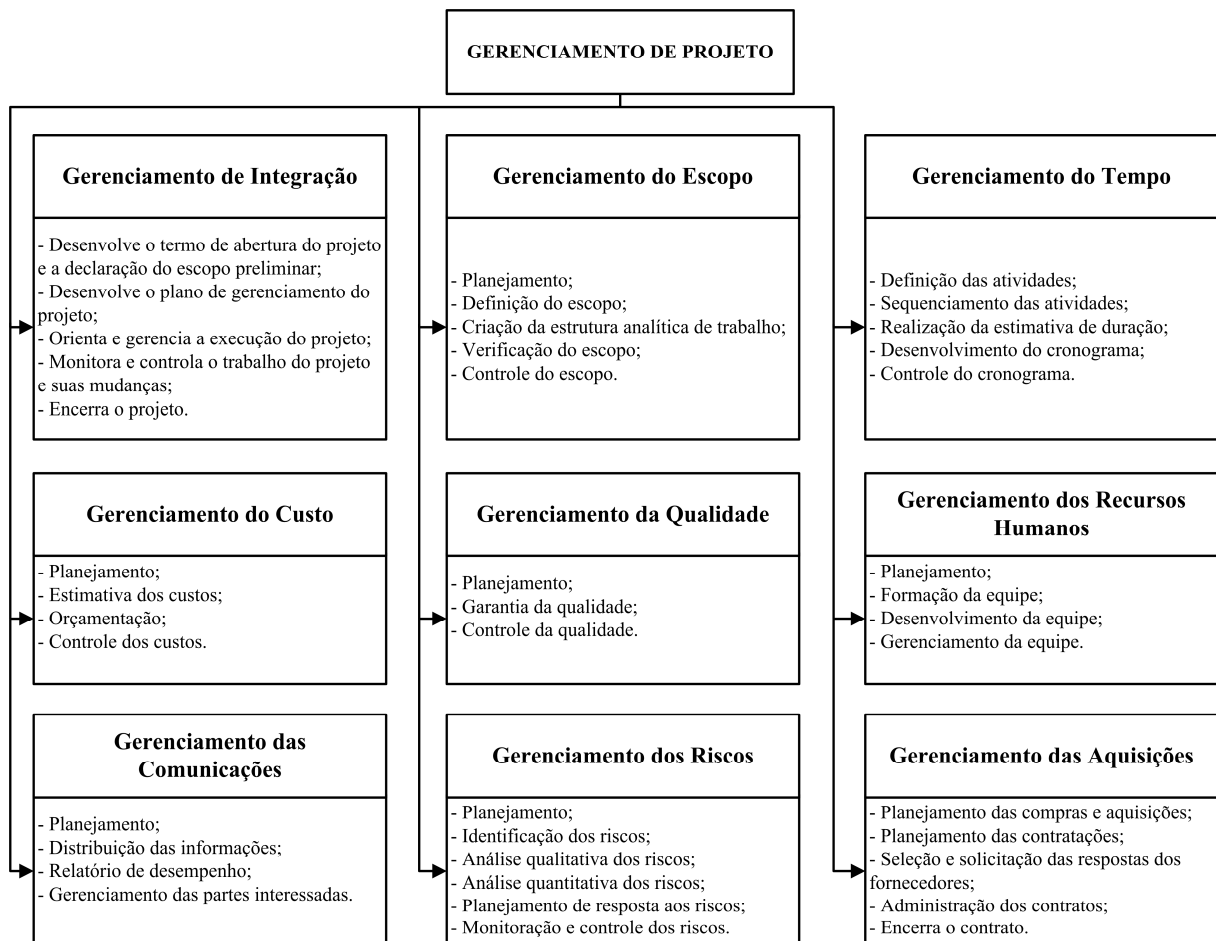


Figura 2.5 – Processos e atividades do gerenciamento de projetos (Adaptado do PMBOK, 2004)

Tabela 2.1 – Objetivos dos processos de gerenciamento de projetos (DINSMORE, 2003 e PMBOK, 2004)

Processos de GP	Objetivos
Gerenciamento da integração	Envolve decisões e escolhas diretamente ligadas aos objetivos do projeto e aos processos de desenvolvimento e execução do plano de projeto. Inclui os processos necessários para assegurar que os diversos elementos do projeto sejam adequadamente coordenados
Gerenciamento do escopo	Abrange os processos de gerenciamento necessários para que o projeto inclua todo o trabalho necessário com a finalidade de ser bem-sucedido
Gerenciamento do tempo	Inclui os processos necessários para garantir que o projeto será executado conforme a programação prevista
Gerenciamento do custo	Assegura que o projeto será concluído de acordo com o orçamento inicialmente planejado
Gerenciamento da qualidade	Assegura que o projeto será concluído de acordo com a qualidade desejada
Gerenciamento dos recursos humanos	Possibilita a utilização mais efetiva das pessoas envolvidas no projeto, incluindo patrocinadores, clientes, contribuintes individuais, entre outros
Gerenciamento das comunicações	Procura assegurar o controle, a geração, coleta, disseminação e o armazenamento das informações do projeto. Na fase de início do projeto, planejam-se as comunicações, definindo quem precisa de qual informação, quando serão recebidas, que método e por quem
Gerenciamento dos riscos	Processos de identificação, análise e resposta aos riscos do projeto, procurando maximizar a probabilidade dos eventos positivos e minimizar a probabilidade dos eventos negativos
Gerenciamento das aquisições	Estabelece os processos necessários para a obtenção de bens e serviços externos à empresa que serão necessários ao projeto

Há vários trabalhos na literatura que relatam como a prática do gerenciamento de projetos auxilia as organizações na melhor utilização dos recursos e controle das atividades do projeto, resultando em tempos de desenvolvimento menores, menos onerosos, com alta qualidade, confiáveis e com altas margens de lucro (MEREDITH, 1995).

Segundo Kerzner (2002), a utilização do GP com outros processos é o fator decisivo para se alcançar a excelência. Um dos processos que o autor relata é a engenharia simultânea, que, aplicada em conjunto com o GP, traz os seguintes benefícios:

- a) redução do tempo de desenvolvimento de novos produtos;
- b) aumento da vida média do produto;
- c) aumento das vendas e receitas;
- d) redução de desperdícios e retrabalhos;
- e) aumento das vendas e, conseqüentemente, do número de clientes.

O desenvolvimento de um molde de injeção é um projeto único e temporário, ou seja, embora os moldes possam ser similares, dadas as condições do momento em que são desenvolvidos (natureza das empresas que se relacionam, características do mercado em certo momento e tecnologias disponíveis), o projeto de um molde torna-se único. É temporário porque tem início e prazo de entrega, sendo esse último de grande importância para as empresas transformadoras e que fabricam o produto final. Nesse sentido, o desenvolvimento de um molde de injeção é um típico exemplo de projeto, sob o ponto de vista do gerenciamento de projetos.

Também nas empresas fabricantes de moldes há múltiplos projetos de molde acontecendo ao mesmo tempo, caracterizando um ambiente com necessidade de compartilhamento intenso de recursos.

Nessas condições, o desenvolvimento de moldes caracteriza-se como um processo bastante apropriado para a aplicação de conhecimentos de GP, visando organizar os trabalhos necessários, desenvolver a estrutura organizacional mais apropriada, para obter o máximo rendimento dos recursos utilizados.

2.5 Considerações finais

O setor de componentes injetados tem como característica o envolvimento de várias empresas, onde há necessidade de realização das atividades de desenvolvimento do componente injetado de forma integrada, em que todos os envolvidos saibam suas atividades, quando devem executá-las e o que devem levar em consideração para as tomadas de decisões.

A empresa fabricante de moldes, por sua vez, deve interagir da melhor maneira para que o molde de injeção seja realizado em menores tempos e custos. Para tal, há a necessidade de um bom planejamento das atividades, empregando-se modelos e metodologias apropriadas.

A utilização dos conceitos de ES e de GP é importante nesse processo, pois entre os seus objetivos estão a redução do tempo de desenvolvimento, aumentar a qualidade e rentabilidade do produto a ser elaborado.

Sendo assim, com base na revisão da literatura e nos objetivos deste trabalho, consideram-se como recomendações gerais, ou requisitos, para a realização do modelo de referência para o desenvolvimento integrado de moldes de injeção:

- a) utilizar metodologia de projeto, visando estabelecer métodos adequados ao projeto de moldes, com as informações necessárias em cada atividade;
- b) adotar os princípios da engenharia simultânea na proposição do modelo de referência, para que se consiga uma redução do tempo e de custo de desenvolvimento do molde;
- c) empregar os conceitos do gerenciamento de projetos na modelagem do processo de

desenvolvimento de moldes de injeção, visando facilitar seu planejamento, execução e controle;

- d) ter uma linguagem simples e modelo objetivo, com o intuito de atender as empresas do setor, que, em geral, são de pequeno porte e de recursos limitados.

Visando consolidar e complementar os conceitos para facilitar o entendimento da proposta do modelo de referência a ser descrito posteriormente, serão apresentadas no próximo capítulo tópicos relativos ao desenvolvimento de moldes de injeção e práticas do setor.

CAPÍTULO 3

DESENVOLVIMENTO DE MOLDES DE INJEÇÃO: CONCEITOS, PRÁTICAS E CARACTERIZAÇÃO DO SETOR NO BRASIL

Este capítulo tem como finalidade apresentar uma revisão de literatura sobre o processo de desenvolvimento de moldes de injeção. Serão também abordados alguns conceitos em relação a custos, bem como métodos de orçamentação dos moldes e a apresentação dos principais resultados da pesquisa exploratória nas empresas fabricantes de molde no pólo de Joinville, SC, para um entendimento inicial das necessidades do setor.

3.1 - Desenvolvimento de moldes de injeção

Observa-se que os custos e as dificuldades de mudança no desenvolvimento do componente têm um salto significativo na fase de desenvolvimento do molde e continuam crescentes na fase de produção do componente, como pode ser observado na Figura 3.1. Isso ocorre porque nessas fases as mudanças representam, por exemplo, a fabricação de novos moldes ou o refugo dos componentes injetados.

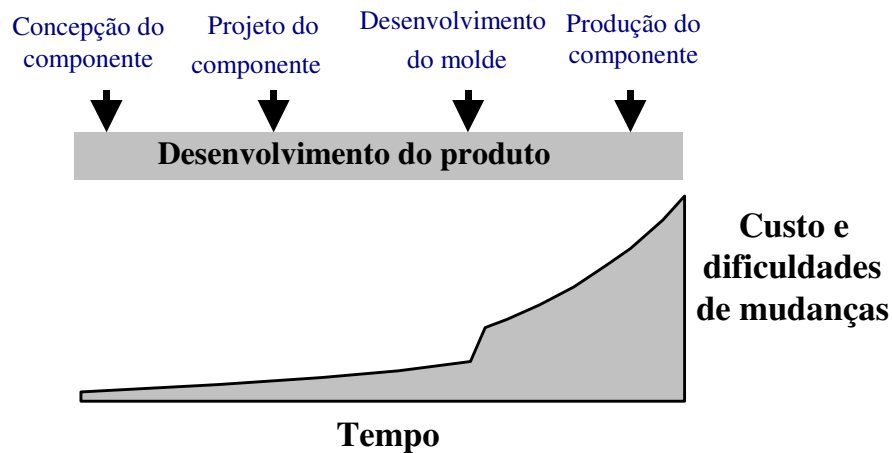


Figura 3.1 – Evolução dos custos e das dificuldades de mudanças no desenvolvimento de componentes injetados (Adaptado de C-MOLD, 2000)

De acordo com Manrich (1995), o molde de injeção é um dos sistemas mais complexos a serem desenvolvidos no processo de desenvolvimento do componente injetado em materiais plásticos. Trata-se de uma ferramenta de elevado custo, sendo responsável por grande parte do investimento na injeção de componentes injetados.

Portanto, são necessárias mais pesquisas em relação a metodologias apropriadas, que facilitem e propiciem melhores relações entre os envolvidos (empresas ou departamentos) no processo de desenvolvimento de moldes, pois o molde de injeção é fundamental para o desenvolvimento de componentes injetados, principalmente em relação a sua influência na qualidade e nos custos.

Vários trabalhos vêm sendo realizados na área de desenvolvimento de componentes injetados e moldes de injeção nos laboratórios de engenharia mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), mais especificamente no Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NeDIP) e no Laboratório de Projeto e Fabricação de Componentes de Plástico Injetados (CIMJECT). Tais projetos procuram, entre outros aspectos, contribuir na sistematização do processo de desenvolvimento de componentes e moldes de injeção.

Entre os autores que já desenvolveram trabalhos nessa área, podem-se citar entre outros: Peixoto (1999), que analisou o uso de técnicas de simulação assistida por computador para análises de preenchimento em cavidades de moldes de injeção; Mylla (1998), que abordou a influência do resfriamento na qualidade dos componentes injetados; D'Avila (1997), que estudou o processo de moldagem por injeção de polímeros semicristalinos por meio da caracterização e simulação assistida por computador; Ogliari (1999), que abordou a sistematização da concepção de produtos auxiliada por computador com aplicações no domínio de componentes de plástico injetado e Ahrens (1994) que pesquisou as características desejáveis a implantação e emprego de *softwares* CAE/CAD/CAM no setor de moldes de injeção.

Há também vários trabalhos que abordam a técnica de estereolitografia para a fabricação de ferramentais rápidos aplicados ao processo de injeção, como em Grellmann (2001).

Pesquisas em temas de projeto de moldes e componentes injetados, como as de Reck Neto (2001), Daré (2001), Mascarenhas (2002), Ferreira (2002), Vallejos (2005) e Catapan (2006), vêm demonstrando claramente a importância de estudar e projetar modelos de desenvolvimento de produtos apropriados, tendo em vista as dificuldades nesse setor.

No trabalho realizado por Reck Neto (2001), por exemplo, constatou-se que a literatura diverge em relação ao dimensionamento dos moldes. O autor ressalta a necessidade de um estudo mais aprofundado sobre metodologias de projeto a fim de criar uma sistemática para o desenvolvimento de projetos de moldes que englobem todos os sistemas de uma forma organizada e integrada, além da criação de um banco de dados de possíveis soluções de moldes.

Daré (2001) propôs um modelo de referência para o desenvolvimento de componentes injetados que aborda a engenharia simultânea. O autor constatou que essa prática não é

comum no desenvolvimento do molde de injeção, o que faz com que muitos projetos de componentes cheguem à empresa fabricante de moldes com deficiência de informação, além de os projetistas de produtos possuírem pouco conhecimento de projetos de moldes e de sua fabricação. Recomendou, entre outras coisas, o desenvolvimento de um método de estimativa de custo de moldes para auxiliar em decisões de projeto dos componentes injetados. Essa recomendação também foi apresentada por Ferreira (2002).

A estimativa do custo de desenvolvimento do molde em muitos casos é deficiente. As estimativas são baseadas, em grande parte, em experiências que, em alguns casos, podem acarretar em erros elevados, provocando perdas consideráveis. Nesse sentido, faz-se importante, de alguma maneira, documentar todo o processo de desenvolvimento (projeto e fabricação) do molde, visando possibilitar consultas futuras para propostas custos do projeto e fabricação de moldes. Observa-se, contudo, que poucas empresas possuem esse tipo de cuidado, conforme resultados da pesquisa exploratória, que é apresentada no Apêndice D.

Vallejos (2005) apresentou um modelo para formação de empresas virtuais no setor de moldes e matrizes em que alguns fabricantes de moldes trabalham em conjunto, compartilhando informações de processos de fabricação do molde e carga máquina disponíveis para que as empresas possam ter, caso seja necessário, opções para a fabricação dos componentes do moldes. Contudo não foi apresentado no trabalho nenhuma metodologia de desenvolvimento de moldes, ou seja, cada empresa participante da pesquisa realizava o desenvolvimento do molde da maneira que julgava ser a melhor.

Desta forma, torna-se necessário pesquisar e propor modelos de referência para o desenvolvimento sistematizado de moldes de injeção, com a finalidade de orientar e esclarecer quais as atividades que devem ser realizadas, quando, como e por quem.

A sistematização de informações de projeto de moldes, na forma de banco de dados, além de auxiliar em processos de estimativa de custos, pode facilitar em processos de solução de problemas técnicos de projeto e fabricação desses sistemas. Segundo Glastrow (1993), “[...] quando se trabalha em um novo problema, o projetista pode então verificar como casos similares foram resolvidos [...]”. Com base em exemplos, experiências, soluções técnicas empregadas e mesmo em dificuldades encontradas em projetos anteriores, pode-se de forma efetiva e eficiente buscar novas soluções para projetos futuros.

Além de tecnologias de máquinas e *softwares*, métodos e ferramentas de projeto, a indústria de moldes e matrizes brasileira ainda não se conscientizou da importância do gerenciamento do ciclo de desenvolvimento do molde. Muitos problemas nesse setor, por exemplo, são de interfaces entre profissionais e empresas envolvidas.

Grandes empresas já aplicam modernas técnicas de desenvolvimento de produto,

fabricação e de gerenciamento de projetos tais como Desenvolvimento Integrado e Engenharia Simultânea e Desdobramento da Função Qualidade (QFD). Contudo há carência de trabalhos nessa direção para as empresas de pequeno e médio porte, que representam 99% do universo de empresas no Brasil, 20% do Produto Interno Bruto (PIB) e 70% da mão-de-obra empregada no país (LIRA, 1998; KRUGLIANSKAS e TERRA, 2003).

Vários modelos têm sido propostos para o projeto de moldes, conforme mostrado na Tabela 3.1, segundo Fuh *et al.* (2004), Tonolli (2003), Daré (2001), Lee, Cheng e Lee (1997), Rees (1995), Menges e Mohren (1993) e Glastrow (1993).

Pode-se verificar na Tabela 3.1 que existe uma coerência em relação à primeira fase, que consiste na determinação do número e do leiaute das cavidades. Contudo as fases que seguem apresentam diferenças.

Tabela 3.1 – Atividades propostas para as fases do projeto do molde de injeção segundo diferentes autores

	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6
Fuh <i>et al.</i> (2004)	Definir o número e o leiaute das cavidades	Localizar a(s) linha(s) de partição	Definir o sistema de alimentação e analisar as saídas de ar	Projetar o sistema de extração	Projetar o sistema de refrigeração	Projetar as demais partes
Tonolli (2003)	Definir o número e o leiaute das cavidades	Localizar a(s) linha(s) de partição	Realizar o balanceamento do molde	Projetar o sistema de refrigeração	Projetar o sistema de extração	Projetar as demais partes
Daré (2001)	Definir o número e o leiaute das cavidades	Localizar a(s) linha(s) de partição	Projetar o sistema de alimentação	Projetar o sistema de refrigeração	Projetar o sistema mecânico	Projetar sistema de extração
Lee, Cheng e Lee (1997)	Definir o número e o leiaute das cavidades	Definir o sistema de alimentação	Determinar as dimensões gerais do molde	Localizar a(s) linha(s) de partição	Projetar o sistema de refrigeração	Projetar o sistema de extração e as demais partes
Rees (1995)	Desenhar a seção transversal mais significativa do componente e esboçar todos os sistemas	Localizar a(s) linha(s) de partição	Realizar o balanceamento do molde	Projetar o sistema de alimentação e os possíveis inserts	Analisar as saídas de ar e projetar o sistema de extração	Projetar o sistema de refrigeração e as demais partes
Menges e Mohren (1993)	Especificar a máquina, o material e o produto	Localizar a(s) linha(s) de partição	Definir o número e o leiaute das cavidades	Projetar o sistema de alimentação	Projetar o sistema de refrigeração	Projetar o sistema de extração e as demais partes
Glastrow (1993)	Definir o número e o leiaute das cavidades	Projetar o sistema de alimentação	Projetar o sistema de refrigeração	Projetar o sistema de extração	Projetar a saída de gases	

Cada sistema do molde parece ter uma importância diferenciada para os autores. Rees (1995), por exemplo, considera a determinação do sistema de refrigeração como sendo a última fase, contrapondo com Daré (2001) e Tonolli (2003), que consideram esse sistema como a fase 4.

Para o início do projeto de molde, Rees (1995) propõe uma lista de verificação (*check list*) de projeto que contenha desde dados sobre a máquina, do componente a ser injetado, até

informações sobre os sistemas do molde. Esse tipo de informação é muito importante, pois com base nelas o projetista do molde tomará as decisões sobre o tipo do molde e os sistemas necessários. Quanto mais completas forem as informações iniciais mais os erros tenderão a diminuir, e as decisões de projeto e de fabricação ocorrerão rapidamente.

Outras referências na área de projeto de moldes de injeção relatam apenas considerações de projeto (por exemplo, as dimensões dos canais de alimentação), sem especificar as fases que devem ser desenvolvidas, como em Dym (1987), Provenza (1993), Rosato e Rosato (1995), Sors, Bardócz e Radnóti (1998), Menning (1998), Cruz (2002), Centimfe (2003), Beaumont (2004) e Harada (2004).

Salvador, Zeilmann e Costa (2006) desenvolveram um estudo comparativo das atividades envolvidas no processo de projeto de moldes de injeção, no qual realizaram uma pesquisa em quatro empresas fabricantes de moldes a fim de caracterizar o seu processo de desenvolvimento por meio da técnica IDEF0. Os autores concluíram que a fase inicial de desenvolvimento necessita de uma definição apurada dos requisitos e especificações de projeto, pois “[...] se as informações forem escassas o projeto do molde caminhará às escuras, dependendo do esforço da equipe técnica em buscar um melhor projeto por tentativa e erro”.

Os autores ainda relatam que, se as restrições ao processo forem consideradas de forma isolada, podem ocorrer problemas relacionados à manufatura e à moldabilidade do componente injetado, sugerindo trabalhar com ferramentas multidisciplinares que permitem a análise integrada das restrições; contudo não relatam quais são e como poderiam ser empregadas tais ferramentas.

Por fim, Salvador, Zeilmann e Costa (2006), em sua conclusão, atestam que há uma carência de metodologia para o processo de projeto de moldes de injeção, recomendando mais estudos e propostas nessa área.

Assim, de uma maneira geral, não há muita literatura disponível sobre metodologias de desenvolvimento de moldes de injeção. Normalmente, são encontradas metodologias de desenvolvimento de componentes injetados, e o molde de injeção se insere como uma fase desse processo, mas sem muito detalhamento. Nota-se também que não há convergência sobre as fases que devem ser seguidas no desenvolvimento de moldes de injeção, resultando na falta de um modelo de referência para ser utilizado no setor. Além disso, as informações encontrados são mais voltadas ao projeto (preliminar e detalhado) dos componentes e dos sistemas do molde, não considerando o processo de desenvolvimento do molde de forma abrangente, não levando em conta, por exemplo, os aspectos de engenharia simultânea e gerenciamento do projeto. Isso fortalece os objetivos do presente trabalho, visando à sistematização do desenvolvimento integrado de moldes para a injeção.

3.2 - Tipos de moldes

Neste trabalho, o molde de injeção é considerado como um sistema, subdividido em sistema de alimentação, extração, refrigeração e saída de gases. Essa consideração se encontra de acordo com as denominações citadas por Koike (1995), Tonolli (2003) e Harada (2004).

O molde de injeção, segundo Glastrow (1993), é classificado de acordo com a norma DIN⁶ 1670, denominada Moldes de Injeção e Compressão de Componentes, em: moldes de duas placas, moldes de três placas ou placa flutuante, moldes com partes móveis, moldes com canal quente, *stack molds* e moldes com núcleo rotativo. No Apêndice A apresentam-se de forma mais detalhada os tipos de moldes.

O molde de injeção é composto de vários componentes, em que cada um deve ser devidamente definido a fim de garantir o processo de transformação adequado do material polimérico. Essa definição envolve desde a especificação do problema de projeto, passando pelo projeto dos componentes, selecionando-se materiais apropriados, processos de fabricação, acabamentos, tratamentos necessários, montagem, testes e ajustes do conjunto.

O molde de injeção mais usual é o de duas placas, conforme pode ser observado, em maiores detalhes, na Figura 3.2. Entre seus elementos, observam-se a placa cavidade superior e a placa cavidade inferior, responsáveis pela forma final do componente injetado, pois o material polimérico vai preencher o espaço entre ambos, adquirindo a sua forma. Os principais elementos e funções desse tipo de molde são descritos na Tabela 3.2.

Os outros tipos de moldes basicamente possuem os mesmos elementos, diferenciando-se por alguns aspectos construtivos com outros elementos. Estes podem ser observados com maiores detalhes em: Dym (1987), Glastrow (1993), Menges e Mohren (1993), Rees (1995), Sors, Bardócz e Radnóti (1998), Menning (1998), Cruz (2002), Centimfe (2003) e Harada (2004).

3.3 – Conceitos e métodos de determinação geral de custos

Um dos objetivos deste trabalho é a elaboração de uma proposta para auxiliar a realização do orçamento do molde de injeção, cuja atividade é um dos problemas observados nos capítulos anteriores.

O gerenciamento de custos deve fazer uso de mecanismos para estabelecer os custos de desenvolvimento de produtos com precisão, de modo que a determinação do valor de venda seja realizada corretamente por meio de um sistema de custos que consiga mensurar e alocar de forma adequada os recursos.

Entre as diversas classificações de custos existentes na literatura, segundo Wernke (2004), as de maior aplicação gerencial são as que classificam os custos de acordo:

⁶ DIN: *Deutsches Institut für Normung*.

- a) com a tomada de decisão, podendo ser classificada em custos relevantes e não relevantes. Os **custos relevantes** são aqueles que se alteram dependendo da decisão tomada, e os **não relevantes** são os que independem da decisão tomada;
- b) com a identificação, que podem ser custos diretos e indiretos. Os **custos diretos** são os gastos facilmente apropriáveis às unidades produzidas, ou seja, são aqueles que podem ser identificados como pertencentes a este ou àquele produto. Já os **custos indiretos** são os gastos que não podem ser alocados de forma direta ou objetiva aos produtos ou a outro segmento ou atividade operacional e, caso sejam atribuídos aos produtos, serviços ou departamentos, poderão ocorrer mediante critérios de rateio;
- c) com o volume de produção, divididos em custos variáveis e custos fixos. Os **custos variáveis** são os que estão diretamente relacionados com o volume de produção ou a venda. Os **custos fixos** são os gastos que tendem a se manter constantes nas alterações de atividades operacionais, independentemente do volume de produção.

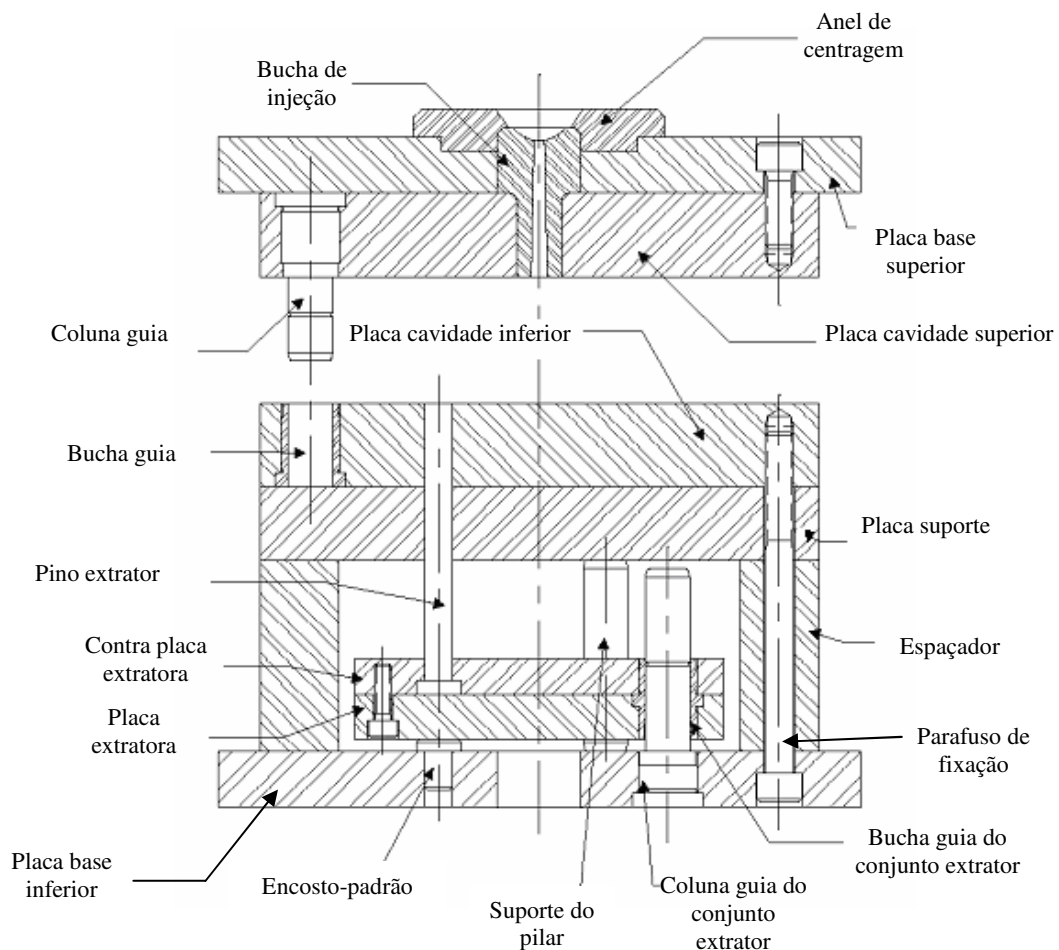


Figura 3.2 – Molde de duas placas com seus elementos característicos (Adaptado de PROVENZA, 1993)

Tabela 3.2 – Funções dos principais componentes de um molde de injeção (Adaptado de PROVENZA, 1993)

Componentes	Funções
Placa base superior	Fixar a parte superior do molde à máquina, bem como promover estrutura aos componentes e placas adjacentes
Placa cavidade superior	Placa na qual são usinadas ou embutidas as cavidades, que darão forma a um dos lados do componente
Placa cavidade inferior	Placa na qual são usinadas ou embutidas as cavidades, que darão forma ao outro lado do componente
Placa suporte	Suportar toda a pressão de injeção exercida no molde
Espaçador	Garantir o curso necessário às placas extratoras
Placa extratora	Empregada para acionar os extratores
Contra placa extratora	Alojar os extratores
Placa base inferior	Fixar a parte móvel do molde à máquina, bem como promover estrutura aos componentes e placas adjacentes
Coluna e bucha de guia	Guiar e centralizar a parte fixa com a parte móvel do molde
Coluna e bucha de guia do conjunto extrator	Guiar o deslocamento das placas extratoras durante o processo de extração
Suporte do pilar	Evitar possíveis deflexões da placa suporte
Encosto-padrão	Apoiar o conjunto extrator diminuindo a área de apoio dando melhor assentamento
Anel de centragem	Centralizar o molde em relação à placa de fixação da prensa de modo que o bico de injeção e a bucha de injeção estejam alinhados
Bucha de injeção	Permitir a passagem do material plástico fundido, proveniente do bico de injeção, ser introduzido ao interior do molde e direcionado às cavidades
Pino extrator	Extrair o componente injetado sobre o macho após a abertura do molde
Parafuso de fixação	Manter unido a placa base inferior, o espaçador, a placa suporte e a placa cavidade inferior

Os métodos de obtenção dos custos industriais que mais se destacam são: variável, integral, por absorção e o custeio baseado em atividades, também conhecido como método ABC – (*Activity Based Cost*) (BORNIA, 1995 e WERNKE, 2004).

Segundo Wernke (2004), no método de **custeio variável** consideram-se custos dos produtos apenas os variáveis, enquanto os custos fixos são lançados como despesas de período. Já no método de **custeio integral**, a totalidade dos custos fixos são alocados aos produtos.

Ainda segundo Wernke (2004), o método de **custeio por absorção** é o mais tradicional entre os métodos: tem como princípio a alocação tanto dos custos diretos aos produtos como na consideração por rateio, como, por exemplo, dos custos indiretos.

Já o **método ABC**, ou custeio baseado em atividades, que foi aprimorado na década de 1980 pelos professores da Universidade de Harvard, Robert Kaplan e Robert Cooper (WERNKE, 2004), tem por objetivo principal o de suprir as necessidades de informações sobre o custo dos recursos de produtos e serviços, permitindo que os custos indiretos e de apoio sejam direcionados primeiramente a atividades e processos e depois a produtos e serviços (KAPLAN e COOPER, 1998).

Em estudos realizados nos Estados Unidos na década de 1980, os custos indiretos, medidos pelos métodos contábeis utilizados na época, giravam em torno de 5% dos custos totais de produção. Aplicando o método ABC, com a identificação das atividades necessárias para a fabricação de determinado produto, verificou-se que os custos indiretos representavam na verdade 35% ou mais dos custos totais de produção. Essa diferença resultava em um preço de venda do produto não condizente com os seus custos de fabricação e encobria a ineficiência na fabricação de certos produtos, que necessitavam de maiores custos indiretos para serem obtidos (REIS, 2003).

No Brasil, os estudos do método ABC iniciaram-se em 1989, no departamento de Administração da Universidade de São Paulo – USP.

Padoveze (2005) relata que

O conceito base do método ABC é a constatação de que o consumo de recursos pela empresa é determinado pelo evento ou eventos que são executados pelas atividades, ou seja, cada atividade dentro da empresa nasce em função da necessidade de se executar determinado trabalho e que podem ser representados contabilmente como eventos econômicos.

Portanto, as atividades são as causadoras dos custos na empresa, assim o gerenciamento eficiente dos custos será realizado baseada no gerenciamento das atividades, por meio de sua identificação, mensuração, registro e acumulação contábil.

O método ABC, segundo Wernke (2004), fundamenta-se na idéia de que os direcionadores de custos vinculam diretamente as atividades executadas aos produtos fabricados, em que os direcionadores medem o consumo médio ocorrido, em cada atividade, pelos vários produtos. Assim, os custos das atividades são atribuídos aos produtos, na proporção do consumo que os produtos exerceram sobre as atividades.

Enquanto no método tradicional de determinação de custos (por absorção) os produtos ou serviços consomem recursos, no método ABC, consomem atividades, e estas os recursos (KAPLAN e COOPER, 1998).

Como exemplos de direcionadores de custos, têm-se os descritos em Brimson (1996):

- a) **material**: compreendem todos os custos relacionados à compra de materiais e acessórios necessários para a fabricação do produto que se deseja realizar;
- b) **mão-de-obra direta**: relacionam os valores da utilização de recursos humanos diretamente relacionados às atividades de desenvolvimento do produto;
- c) **tecnologia**: custo relacionado ao processo de fabricação;
- d) **qualidade**: em que se associam os custos de prevenção, avaliação, falhas internas e externas;
- e) **fábrica e instalação**: custos em relação às instalações;
- f) **sistemas de informação**: custos relacionados à manutenção e compra de *softwares*;
- g) **manuseio e transporte**: custo atribuído ao transporte e à movimentação dos materiais;
- h) **viagens**: custo relacionado às viagens de negócios;
- i) **comercialização e propaganda**: custo da divulgação da empresa de seus serviços;
- j) **mão-de-obra indireta**: custo relacionado à mão-de-obra indireta.

Como benefícios da utilização do método ABC, segundo Wernke (2004) e Payá (2004), têm-se:

- a) exposição da informação ao usuário;
- b) utilização da relação de origem dos custos como ferramenta de gestão;
- c) estimativa de cada atividade em termos de objetivos da organização;
- d) verificação das atividades que são importantes e eliminação das que não agregam valor;
- e) inclusão da totalidade dos custos nos produtos por meio das atividades;
- f) redução dos custos dos produtos por intermédio de uma gestão mais eficiente; e
- g) redução dos custos indiretos atuando sobre as atividades geradoras.

A utilização do método ABC pelos fabricantes de moldes pode representar uma boa alternativa para um maior controle das despesas, pois, conforme apresentado, torna mais claro quais são os gastos reais com o desenvolvimento do molde. Contudo, considerando as características de pequena empresa, métodos novos de gestão enfrentam resistência e demoram a serem utilizados.

Assim, pressupõe-se que, por meio da consideração e adaptação do método de custeio por atividades (ABC), no modelo de referência, o fabricante de moldes poderá utilizá-lo, tornando-se mais competitivo, diminuindo os problemas decorrentes de elaboração de orçamentos falhos, da verificação e melhora das atividades diretas e eliminação das atividades indiretas.

3.4 - Determinação de orçamentos em moldes de injeção

Uma das atividades mais complexas no desenvolvimento de moldes é a realização do orçamento do molde. Os métodos de orçamentos em moldes de injeção mais utilizados, segundo Eversheim, Grupta & Kumper (1998), são: por estimativa, estatístico, analógico, analítico, por sistemas especialistas e por atividades.

Cabe ressaltar que os valores dos custos que são utilizados para a composição dos métodos de orçamentos que serão descritos na seqüência são originados por um dos métodos de custeio geral descritos no item 3.3 (variável, o integral, por absorção ou ABC). Por exemplo, caso se utilize o método de orçamento por estimativa, a quantidade de horas necessárias para o desenvolvimento será **estimada**, mas a determinação do custo da hora será obtida por um dos métodos de custeio.

O **método por estimativa** é baseado na experiência. É um método rápido, mas exige uma grande experiência e está sujeito a erros consideráveis (MOOR, 1997, *apud* ZLUHAN, 1998). Nesse caso, o profissional responsável pelo orçamento possui uma planilha na qual são subdivididas as operações macros para o desenvolvimento do molde e, baseado nessas operações, **estima** as horas que serão necessárias em cada atividade (de pessoal e máquinas). Com base no número de horas necessárias e nos custos por hora, obtém-se o custo total do molde.

Esse é o método mais utilizado na determinação dos orçamentos em moldes de injeção. Segundo a pesquisa realizada por Fisher (2004) no ano de 2003 em empresas da Alemanha, 75% dos entrevistados empregam o método de estimativa para a determinação do orçamento.

Zluhan (1998) comparou 21 moldes produzidos em uma determinada empresa do setor de moldes e matrizes utilizando esse método. Observaram-se diferenças positivas, entre o valor orçado e o custo real, de até 39,75%, bem como prejuízos de até 49,84%. Isso mostra que tal método, embora simples e rápido, apresenta várias incertezas e riscos para a empresa, seja na perda de clientes, seja em prejuízos financeiros.

Em Souza e Sacchelli (2003) é apresentado um estudo em relação ao gerenciamento de custo e prazo em 15 empresas fabricantes de moldes na cidade de Joinville (SC). Verificaram que a maioria das empresas utiliza o **método por estimativa** na realização do orçamento do molde. A seguir, alguns dados dessa pesquisa:

- a) 30% das empresas possuem um índice de acerto de 95% a 99% entre o que foi inicialmente estimado e o que foi realmente gasto no desenvolvimento do molde;
- b) 20% das empresas pesquisadas apresentaram entre 85% e 94% de acerto;
- c) 50% das empresas apresentam um índice de acerto menor que 85%.

Isso mostra um risco constante para o setor, pois como o valor agregado do molde é elevado os erros em estimativas se traduzem em prejuízos elevados. Um molde médio e complexo, por exemplo, pode variar de R\$ 200.000,00 a um milhão de reais. Nesse caso, um erro de 15% na estimativa dos custos pode representar valores de R\$ 30.000,00 a R\$ 150.000,00.

O **método estatístico ou paramétrico**, apresentado por Stewart (1990, *apud* ZLUHAN, 1998), envolve a coleta e a organização de um histórico de informações por técnicas matemáticas, relacionando tais informações por meio de equações. Esse método tem a vantagem de prover uma orçamentação rápida do molde, correlacionando os parâmetros dos moldes com outros moldes já realizados.

Nesse método, o custo total do molde é obtido por meio de uma correlação entre as características construtivas do molde. Primeiramente, são estabelecidas quais as características do molde (valores de P_n na equação 3.1) que serão consideradas, por exemplo: número de cavidades, tipo do sistema de refrigeração, alimentação e extração.

Assim, para a determinação dos coeficientes fixos β_n da equação 3.1 são analisados os moldes já desenvolvidos observando os custos totais (CT), de acordo com os parâmetros P_n , por meio de uma regressão múltipla obtendo-se assim uma equação que poderá ser utilizada para a estimativa de novos orçamentos de moldes.

$$CT = \beta_1 P_1 + \beta_2 P_2 + \beta_3 P_3 + \beta_4 P_4 + \dots + \beta_n P_n \quad (3.1)$$

em que:

CT= custo total do molde de injeção;

P_n = características;

β_n = coeficientes determinados pela regressão múltipla.

Por exemplo, caso se considere apenas uma característica (P_n), como sendo o número de cavidades, a equação 3.1 contará apenas com o primeiro termo ($CT = \beta_1 P_1$). Nesse caso, analisando os custos totais (CT) dos moldes já desenvolvidos de uma cavidade tem-se um gráfico que relacionará os custos totais com o número de cavidades, como o da Figura 3.3, em que o coeficiente (β_1) é igual a 8,0571. Assim, para um molde com cinco cavidades, tem-se o custo de R\$ 40.285,50.

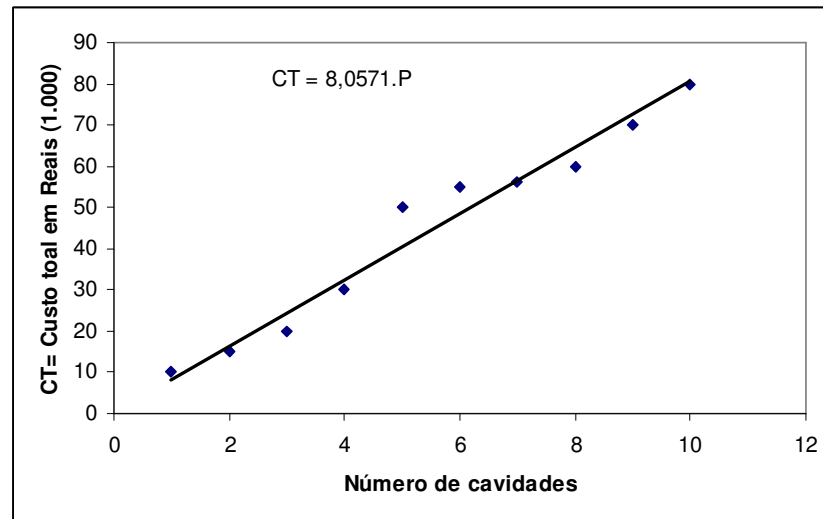


Figura 3.3 – Exemplo de determinação do custo pelo método estatístico

O **método analógico**, semelhante ao método por estimativa, contudo neste método, toma-se como base a análise de moldes similares já desenvolvidos pela empresa, em que o orçamento do novo molde será realizado comparando-se as atividades similares. Por exemplo: se em um determinado molde já realizado o tempo de projeto da cavidade foi de 20 horas, em um outro molde, por ser mais complexo, pode-se considerar por analogia o dobro, ou seja, 40 horas. Nesse caso, há a necessidade de a empresa ter disponível um banco de dados do histórico do projeto, bem como os custos envolvidos.

No **método analítico**, todo o processo **direto** de produção é desdobrado nas estruturas de operações mais elementares, que transformam a matéria-prima em produto final. Para cada operação tem-se como entrada o tempo necessário, sendo este convertido em valores monetários. Nesse método é preciso definir o tempo para todas as operações necessárias para o desenvolvimento do molde.

No **método computacional com sistemas especialistas**, por meio de sistemas computacionais faz-se uso de base de conhecimento construída com a experiência de especialistas em orçamentação de moldes. É semelhante ao método por estimativa, porém suportado por ferramenta computacional baseado em regras heurísticas.

Um exemplo de aplicação desse método é apresentado por Park (2002), cujo sistema proposto é denominado de Ini_MOULD. Trata-se de um sistema especialista que tem como objetivo estimar o custo inicial de um molde de injeção, empregando-se como dados de entrada uma descrição do componente injetado, com suas dimensões, os materiais que serão necessários para a sua fabricação, os processos relacionados, os custos de usinagem, bem como operações de tratamento térmico necessário, faltando apenas considerar a fase de

projeto e demais custos indiretos envolvidos no processo, como, por exemplo, aluguel e manutenção das instalações.

Outras propostas com sistemas computacionais utilizam a forma geométrica do componente injetado através da decomposição de suas *features* obtendo por meio de algoritmos matemáticos os tempos e conseqüentemente os custos de usinagem dos componentes do molde. Contudo estes métodos estão em desenvolvimento, sendo aplicado ainda em formas geométricas simples (BOUAZIZ, YOUNES e ZGHAL, 2004; CAKIR, IRFAN, CAVDAR, 2005; NAGAHANUMAIHAH, RAVI e MUKHERJEE, 2005).

No **método baseado em atividades**, além de custos diretos, determinados por meio de alocação de atividades e tempos necessários para a fabricação do molde (tempos de fresamento ou torneamento, por exemplo), contabilizam-se, também, os custos indiretos, como os de projeto, planejamento de produção e demais despesas fixas.

Para este tipo de orçamento de molde, o sistema de determinação dos custos da empresa necessitará ser pelo método de custeio baseado em atividades (ABC), que foi apresentado no item 3.3.

Como exemplo de aplicação desse método, tem-se o trabalho de Nunes, Fantasia e Rodrigues (2004), que aplicada em uma empresa de Portugal, o método baseado em atividades, contudo considera apenas as atividades de fabricação, não sendo analisadas as etapas anteriores e posteriores à aplicação, havendo assim necessidade de maior aprofundamento nesse sentido.

Ferreira (2002) relata que o custo do molde de injeção pode ser obtido pelo somatório dos seguintes custos: materiais, elaboração do projeto e planejamento da produção, produção do molde e de sua montagem, dos testes necessários e dos custos indiretos da empresa.

Entretanto, não foram incluídos nesses custos possíveis acessórios dos moldes, como mangueiras, câmara ou bico quente. Além dessas, não consideraram serviços terceirizados, como possíveis análises reológicas ou estruturais, tratamentos térmicos e de superfície e polimento das placas cavidades.

Deve-se também especificar como é possível realizar o levantamento de todos os custos citados anteriormente, para a correta utilização da empresa fabricante de moldes.

O sistema computacional de orçamentação proposto por ZLUHAN (1998) é baseado no método por estimativa, em que para cada componente do molde é atribuído horas de trabalho. Há também nesse sistema uma busca em um banco de dados de moldes já desenvolvidos, para que a pessoa responsável pelo orçamento possa consultar os moldes já realizados. Assim, nesse método, os custos indiretos de desenvolvimento não são considerados, tampouco as atividades necessárias ao processo de desenvolvimento são especificadas.

Dihlmann (2005) ressalta a importância do gerenciamento dos custos nas empresas fabricantes de moldes, também apresenta exemplos para a determinação dos custos diretos e indiretos envolvidos no desenvolvimento de moldes. Contudo, para a determinação dos custos, também emprega estimativas em relação às horas que serão necessárias para a execução de todos os componentes do molde.

Embora existam diferentes métodos para a obtenção dos custos de moldes de injeção, observa-se que eles não são completos e dependem muito da experiência das pessoas.

Em situações nas quais os especialistas estão disponíveis e o histórico da empresa é bem documentado, esse processo pode não apresentar grandes problemas. Entretanto, quando os recursos são limitados, desenvolver e utilizar tal tipo de conhecimento é de extrema importância.

3.5 - Empresas fabricantes de moldes de injeção no Brasil

No Brasil, são três os principais pólos de empresas fabricantes de moldes: Joinville (SC), Caxias do Sul (RS) e a região do ABC, em São Paulo. Para compreender melhor esse setor e obter subsídios às proposições deste trabalho, foram analisados os trabalhos de MaxiQuim (2000), Resende (2002a, 2002b) e Tonolli (2003).

MaxiQuim (2000) realizou uma pesquisa⁷ em que são apresentados alguns indicadores que atestam que o mercado nacional de transformação de plásticos importa uma quantidade razoável de moldes de injeção e que a produtividade das empresas fabricantes de moldes nacionais é menor quando comparada a de países como Portugal, Espanha e Coreia. Nesse estudo, compararam-se em termos competitivos os moldes produzidos no Brasil em relação aos importados nos aspectos de exatidão, repetibilidade, resistência ao desgaste e química, materiais empregados, tempo de desenvolvimento, capacidade técnica, capacitação de recursos humanos, assistência técnica e preço. O resultado pode ser observado na Tabela 3.3.

Observa-se que o aspecto de tempo de desenvolvimento possui o maior valor relacionado a baixa competitividade (76-100%), pois enquanto na indústria de Portugal o prazo é de 30 a 45 dias, as empresas nacionais trabalham com prazos de 60 a 75 dias.

⁷ A pesquisa foi realizada em 96 empresas (44 empresas do setor de moldes e ferramentas, cinco empresas petroquímicas, 36 empresas transformadoras de plásticos, três entidades de ensino de nível técnico, quatro universidades e quatro entidades de classe do setor).

Tabela 3.3 – Resultado da pesquisa do percentual de competitividade dos moldes nacionais em relação aos importados (Adaptado de MAXIQUIM, 2000)

Aspectos	Elevada Competitividade	Competitivos	Baixa Competitividade
Exatidão	0 – 25%	51 – 75%	26 – 50%
Repetibilidade	0 – 25%	51 – 75%	26 – 50%
Resistência ao desgaste	26-50%	51 – 75%	0 – 25%
Resistência química	26-50%	51 – 75%	0 – 25%
Materiais empregados	26-50%	51 – 75%	0 – 25%
Tempo de desenvolvimento	26-50%	26-50%	76 – 100%
Capacitação técnica	0 – 25%	26-50%	51 – 75%
Capacitação em recursos humanos	0 – 25%	26-50%	51 – 75%
Assistência técnica	51 – 75%	26-50%	0 – 25%
Preço	51 – 75%	26-50%	0 – 25%

Tonolli (2003) realizou um estudo em 18 empresas (sendo dez empresas fabricantes de moldes com foco em moldes de injeção, três escritórios de projeto e cinco empresas fabricantes de moldes com produção variada) do pólo de Caxias do Sul e identificou os seguintes aspectos:

- a) necessidade de melhorar a forma de gerenciamento do processo de desenvolvimento do molde;
- b) ocorrência de atrasos na fabricação do molde, em virtude da necessidade de atualizar as informações para o projeto;
- c) carência de experiência e capacitação profissional dos colaboradores das empresas;
- d) deficiência no ciclo de desenvolvimento de um molde na forma de organização e comunicação entre os envolvidos.

Baseado nessas dificuldades, Tonolli (2003) propôs um ambiente colaborativo de projeto de moldes entre as empresas envolvidas, visando amenizar as deficiências que ocorre por causa das características do desenvolvimento do molde de injeção discutidas no capítulo anterior. O ambiente proposto pelo autor permite por meio da internet, que o cliente solicite um orçamento de um molde, disponibilizando as informações necessárias para a sua realização.

O fabricante de moldes assim, realizará o orçamento com o auxílio do escritório de projetos, que caberá a informação da quantidade de horas necessárias para o projeto do molde. Finalizado o orçamento, o cliente poderá consultar o valor do desenvolvimento do molde.

Caso o cliente faça o desenvolvimento do molde, o escritório de projetos realizará o projeto do molde e o enviará para o fabricante de moldes, para a sua aprovação e posterior execução.

Contudo, no trabalho de Tonolli (2003), as fases e os procedimentos adotados durante o desenvolvimento do molde não foram explorados.

Em Ni *et al.* (2007) há uma proposição de um sistema computacional que realiza a integração das informações em empresas fabricantes de moldes, informações estas em relação à venda, projeto do molde, planos e monitoramento da produção, manutenção das máquinas e informação de trabalho individual de cada colaborador.

Contudo o sistema proposto é geral, sendo pelos autores recomendado como seqüência do estudo a determinação das atividades que são necessárias para a realização do desenvolvimento do molde, bem como a elaboração de ferramentas que auxiliem na execução das atividades.

Em Resende (2002a) há uma análise, com base nos dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), acerca de 52 empresas de moldes de Joinville, que indica que o número de colaboradores não ultrapassa 100 e que os salários e o nível de escolaridade dos trabalhadores desse setor se encontram acima da média nacional. Outro dado interessante é que nas empresas analisadas a média de permanência do funcionário na empresa, em anos, foi maior quando comparada a de outros lugares do Brasil.

3.5.1 – Pesquisa exploratória em empresas fabricantes de moldes de injeção

Com o objetivo de estudar mais as características do setor de moldes de injeção, com relação ao desenvolvimento de moldes, foi realizada uma pesquisa exploratória em empresas do pólo de Joinville (SC) que possuíssem em sua estrutura condições para o desenvolvimento completo de um molde de injeção.

Para a determinação do número de fabricantes de moldes a ser pesquisado, foi realizado um levantamento entre 120 empresas que possuíam cadastro na Prefeitura de Joinville no ramo de usinagem de moldes e matrizes. Assim, foram contatadas todas essas empresas por telefone e a elas foram feitas as seguintes perguntas: a atividade principal, número de colaboradores, e se realizam o projeto e a fabricação de moldes. O item fabricação foi subdividido em usinagem (operações com fresa, torno e retífica) e eletroerosão (pois há empresas na cidade especializadas nesse processo de fabricação que realizam o serviço para vários fabricantes de moldes).

Na Tabela B.1 no Apêndice B observa-se a relação das 120 empresas juntamente com as informações pesquisadas, como, por exemplo, empresa número 1: Aço técnica de usinagem, que tem como atividade principal a realização de usinagem em geral, não realizando atividades de projeto e de eletroerosão, sendo composta em seu quadro funcional de quatro colaboradores.

Do total de 120 empresas pesquisadas, apenas 25 realizam o processo de desenvolvimento do molde de injeção completo, estando essas empresas em destaque na Tabela B.2 no

Apêndice B.

Assim, as 25 empresas foram então contatadas novamente, e 13 delas aceitaram participar da pesquisa exploratória.

Para a elaboração da pesquisa foi realizada uma adaptação do questionário elaborado no trabalho de Tonolli (2003), o qual realizou a pesquisa no pólo de Caxias do Sul (RS). Nesta pesquisa exploratória foi considerado, principalmente, o aspecto relacionado ao gerenciamento do desenvolvimento de moldes.

O questionário estruturado (ver Apêndice C) foi dividido em cinco temas, os quais estão relacionados diretamente com o funcionamento das empresas fabricantes de moldes, compreendidos em: (i) dados gerais da empresa (ramo de atuação, tipos de moldes, produção anual, faturamento e número de colaboradores), (ii) infra-estrutura (*softwares* que as empresas utilizam, tipos de máquinas CNC, acompanhamento e gerenciamento do desenvolvimento do molde); (iii) gerenciamento do projeto (orçamento, viabilidade e tempo para execução do projeto, reuniões de acompanhamento); (iv) processo de projeto do molde (metodologias e etapas de projeto adotadas); e (v) recursos humanos (qualificação, capacitação).

A pesquisa foi então efetuada por meio de visitas programadas com os responsáveis pelas empresas e pelo preenchimento do questionário. Após as visitas os dados foram tabulados e analisados. Os resultados da pesquisa exploratória foram apresentados por Sacchelli *et al.* (2004).

O resultado completo da pesquisa é apresentado no Apêndice D, sendo as conclusões de cada tema relacionado descritos na seqüência.

(i) dados gerais da empresa: com o resultado a pesquisa verificou-se as empresas tem como principal cliente a indústria automobilística, e o molde de injeção de termoplástico como o seu principal produto, apresentando o faturamento crescente.

(ii) infra-estrutura: de maneira geral, observou-se que as empresas pesquisadas possuem *softwares* de CAD e CAM, mas é possível aumentar sua potencialidade no processo de desenvolvimento de moldes por meio de uma melhor sistemática de utilização dessas ferramentas na forma, como, por exemplo, melhor organização e armazenamento de informações e de lições aprendidas de projetos anteriores para futuras consultas.

(iii) gerenciamento do projeto: por meio das informações levantadas ficou evidente a fragmentação das atividades. A utilização da engenharia simultânea, tanto entre as empresas envolvidas como entre os membros do projeto, pode ser uma prática importante para a minimização de erros.

Também foi constatado que várias tarefas importantes cabem a poucas pessoas, sendo mais um indicativo de que o ciclo de desenvolvimento do molde deve ser organizado e tratado

com cuidado, pois como essas empresas desenvolvem múltiplos projetos há necessidade de ter uma sistemática clara de trabalho. Nessa situação, a filosofia de gerenciamento de projetos poderia ser aplicada, a fim de evitar desperdícios no ciclo de desenvolvimento e potencializar uma melhora da organização do trabalho.

A melhoria em métodos de orçamentos de moldes também é importante, visto que erros na estimativa inicial acarretam prejuízos para o fabricante de moldes ou para a empresa contratante do serviço, pois estas estarão gastando além do necessário.

(iv) processo de projeto do molde: em relação a este tema, constatou-se um grande campo para pesquisas, pois a maioria dos sistemas que compõem o molde é projetado por estimativas, podendo assim gerar retrabalhos ou menor eficiência no ciclo de injeção.

(v) recursos humanos: realizando uma análise de conhecimentos necessários para o desenvolvimento de moldes, foi observado em várias empresas visitadas limitações em relação ao conhecimento de materiais, processos de fabricação, metodologia de projeto, recursos computacionais, entre outros. Como esses conhecimentos são necessários, tendo em vista a natureza interdisciplinar no desenvolvimento de um molde de injeção e o avanço tecnológico, a formação de profissionais para esse setor torna-se complexa.

3.6 - Considerações finais

Neste capítulo foi apresentado que, no ciclo de desenvolvimento de um componente injetado, o molde de injeção é um dos sistemas mais complexos a serem desenvolvidos, com um custo elevado.

Métodos que auxiliem o processo de orçamentação e de controle dos custos do projeto também são relatados como itens a serem melhorados, além de se registrar as etapas seguidas e armazená-las para futuras consultas em projetos semelhantes.

Verificou-se também que a literatura diverge em relação às atividades a serem executadas em cada fase do ciclo de desenvolvimento do molde de injeção. Assim, uma análise mais profunda deve ser realizada, a fim de se estabelecer um modelo apropriado que sirva de referência para o setor.

Por meio de uma pesquisa exploratória, foi realizado um levantamento das empresas fabricantes de moldes da cidade de Joinville (SC) que considerou, entre outros, os aspectos relacionados ao gerenciamento do desenvolvimento de moldes. Assim:

- a) verificou-se que algumas empresas utilizam *softwares* de gerenciamento para auxiliar no controle do projeto, contudo não há preocupação com o desenvolvimento do molde de maneira integrada, ou seja, considerando seu ciclo de vida.
- b) o proprietário da empresa acaba sendo o responsável por diversos setores e de

múltiplos projetos. Observa-se, assim, grande potencial para a aplicação de princípios e conceitos de gerenciamento de projetos nesse setor.

- c) ficou evidente também que a melhoria do processo de orçamentação do molde deve ser realizada por meio de procedimentos sistematizados, que levem em consideração todo o processo de desenvolvimento, incluindo a capacidade dos recursos, infraestrutura, entre outros fatores.

Com as informações obtidas da pesquisa exploratória pôde-se ter uma avaliação geral do setor e constatar que não houve mudanças significativas em relação ao relatado nas pesquisas de MaxiQuim (2000), Resende (2002a, 2002b) e Tonolli (2003).

Esta constatação serviu de motivação para a elaboração de uma segunda pesquisa que será apresentada no capítulo 4, de forma estruturada com itens específicos acerca do processo de desenvolvimento de moldes, visando servir de fundamento para o modelo de referência proposto.

CAPÍTULO 4

PESQUISA DE CAMPO COM OS FABRICANTES DE MOLDES

Conforme já mencionado anteriormente, com o objetivo de detalhar o processo de desenvolvimento de moldes de injeção e obter maiores subsídios para a proposição de um modelo de referência adequado à realidade do setor, neste capítulo são apresentados e analisados os resultados obtidos da pesquisa de campo realizada com fabricantes de moldes dos pólos de Marinha Grande (Portugal) e de Joinville (SC). A escolha por empresas destes pólos deve-se pela grande representatividade industrial no setor que estão inseridas.

A pesquisa de campo foi previamente planejada e também relatada neste capítulo.

4.1 - Planejamento da pesquisa de campo

Para realizar a pesquisa adotou-se a abordagem proposta por Yin (1994), segundo a qual as seguintes etapas se fazem necessárias:

- a) **definição e planejamento da pesquisa**, com a definição dos objetivos, grupos que serão analisados, assuntos a serem abordados, elaboração das questões, definição da quantidade e seleção das amostras.
- b) **preparação, coleta e análise das informações**, em que são realizados o contato com as empresas, visita para a pesquisa e tabulação dos resultados.
- c) **análise dos resultados e conclusões**, realizados por meio da análise das informações coletadas na pesquisa de campo.

Na etapa de **definição e planejamento da pesquisa** estabeleceu-se que o objetivo principal da pesquisa era de caracterizar o processo de desenvolvimento de moldes de injeção, observando quais são os procedimentos e métodos utilizados, além dos potenciais problemas envolvidos no processo.

Para a definição do grupo de fabricantes de moldes pesquisados, foi adotado o mesmo critério utilizado na pesquisa exploratória (Apêndice D), ou seja, as empresas deviam realizar o ciclo de desenvolvimentos completo do molde (projeto e fabricação), com a finalidade de uma melhor caracterização do processo.

Os assuntos relacionados para a pesquisa de campo foram definidos com base na análise das principais fases que ocorrem no fluxo de trabalho das empresas (obtida por meio da pesquisa exploratória), como sendo:

- a) caracterização geral da empresa;
- b) contratação da atividade de desenvolvimento do molde;

- c) planejamento do processo de desenvolvimento;
- d) projeto do molde;
- e) gerenciamento do desenvolvimento do molde;
- f) fabricação e fornecimento do molde.

A pesquisa dos assuntos em relação a caracterização geral e o gerenciamento foram propostos pelo autor para se conhecer de forma geral a empresa e saber como é realizado o gerenciamento do desenvolvimento do molde.

Com a definição dos assuntos, foram elaboradas as questões para a pesquisa (no Apêndice E é apresentado o questionário completo), sendo de forma geral, descritas a seguir:

- a) **caracterização geral da empresa:** levantamento de informações da empresa, dos colaboradores e de *softwares* utilizados;
- b) **contratação da atividade de desenvolvimento do molde:** como é realizada, por quem e quais os potenciais problemas;
- c) **planejamento do processo de desenvolvimento:** como é realizado, por quem e quais são as ferramentas de auxílio utilizadas, como são previstas e controladas as atividades em relação a custos, qualidade e prazo; quais são os potenciais problemas;
- d) **projeto do molde:** como é efetuado e quais são os métodos usados, quais são as informações importantes para o projeto, qual é o tempo de duração, quais são as considerações de projeto em relação ao processo de injeção e à montagem do componente e quais são os potenciais problemas;
- e) **gerenciamento do desenvolvimento do molde:** como é realizado e quais são as ferramentas empregadas;
- f) **fabricação e fornecimento do molde:** quais são as seqüências de fabricação utilizadas, quais são os testes realizados antes do fornecimento e quais são os potenciais problemas.

Em virtude de o questionário ser de natureza qualitativa, e não quantitativa, tendo como objetivo caracterizar as práticas de desenvolvimento de moldes, optou-se pela seleção de um número menor de empresas em relação ao adotado na pesquisa exploratória. Para realização da etapa de **preparação, coleta e análise das informações** em Portugal a seleção e contato com as empresas para a pesquisa ocorreram por meio de indicações de professores do Departamento de Polímeros da Universidade do Minho, em Guimarães (Portugal), local da realização do estágio de doutoramento, no período de julho a setembro de 2005.

Assim, foram contatadas as seguintes empresas do pólo de Marinha Grande: Edilásio C. da Silva - Grupo Ibero Moldes, Famolde, Planimolde e Somoltec; todas capazes de realizar o ciclo de desenvolvimento completo do molde.

Para fins de comparação, o mesmo número de empresas no pólo de Joinville foi escolhido, ou seja, quatro. Assim, as empresas participantes da pesquisa no Brasil foram: Sociesc-Ferramentaria, Simoldes, Vama e J. Junkes.⁸

Anteriormente a realização da primeira pesquisa, o questionário elaborado foi revisado e analisado para que, então, fosse submetido ao levantamento das informações. As entrevistas em média duraram duas horas, sendo iniciada a pesquisa com as empresas portuguesas.

Para melhor detalhamento, a seguir é apresentada a etapa de **análise dos resultados e conclusões**.

4.2 - Análise dos resultados da pesquisa de campo

Para facilitar a explanação dos resultados, as empresas visitadas serão denominadas de acordo com a simbologia demonstrada na Tabela 4.1. Por exemplo, a EP1 diz respeito à **Empresa Portuguesa 1**, que foi Edilásio C. Silva, e EB1 refere-se à **Empresa Brasileira 1** que foi a Sociesc - Ferramentaria. Na mesma tabela é apresentada a função de cada entrevistado.

Tabela 4.1 – Denominação das empresas e função do entrevistado

Empresa		Função do entrevistado
EP1	Edilásio C. Silva	Diretor industrial
EP2	Famolde	Coordenador de planejamento e produção
EP3	Planimolde	Diretor administrativo
EP4	Somoltec	Coordenador da área de projeto
EB1	Sociesc – Ferramentaria	Coordenador de planejamento
EB2	Simoldes	Diretor geral da empresa
EB3	Vama	Coordenador de planejamento
EB4	J. Junkes	Gerente industrial

4.2.1 - Caracterização geral das empresas

Neste assunto foram abordadas as características da empresa, dos colaboradores e dos *softwares* utilizados.

Em relação a **característica da empresa**, procurou-se conhecer em cada fabricante de moldes o número de colaboradores que trabalham da empresa, ramos e mercado de atuação, número e tipos de moldes desenvolvidos e faturamento bruto.

Em relação as **características dos colaboradores**, abordou-se a formação escolar por setor da empresa, suas limitações e formas de capacitação, bem como, os critérios que são considerados para determinar quem irá realizar determinada atividade relacionada ao desenvolvimento do molde.

⁸ Para a escolha das empresas fabricantes de moldes em Joinville, foram contatadas algumas empresas sobre a possibilidade de participar da pesquisa, e as quatro primeiras que retornaram positivamente foram visitadas.

Em relação a **caracterização dos softwares** foi abordado quais os *softwares* utilizados durante o desenvolvimento do molde.

Os resultados evidenciaram que as empresas deste setor são de pequeno porte com um número de colaboradores variando entre 31 e 80, tendo apenas a EB2 mais de 91 colaboradores (Tabela 4.2). Quanto aos ramos de atuação, verificou-se que o setor automobilístico está entre os principais, sendo os demais apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Número de colaboradores e ramos principais de atuação

Empresa	Quantidade	Ramos
EP1	61 a 70	Automobilístico e construção civil (tubos e conexões)
EP2	71 a 80	Eletroeletrônico, automobilístico, brinquedos e produtos para a área médica
EP3	61 a 70	Automobilístico, eletroeletrônico, embalagens e produtos para a área médica
EP4	71 a 80	Automobilístico, utensílio doméstico, telecomunicação e setor agroindustrial
EB1	41 a 50	Automobilístico, utensílio doméstico e telecomunicação
EB2	≥ 91	Automobilístico
EB3	71 a 80	Utensílios domésticos e automobilístico
EB4	31 a 40	Automobilístico, informática, agroindustrial e utensílio doméstico

O número de moldes desenvolvidos por ano variou entre 21 e mais de 100 como demonstrado na Tabela 4.3, que resulta aproximadamente de dois a oito moldes por mês. Com a simultaneidade de moldes sendo realizados ao mesmo tempo, o planejamento das atividades deve ter atenção especial, para que o prazo, o custo e a qualidade requeridos pelo cliente sejam atendidos.

Quanto ao faturamento, a pesquisa demonstrou que houve uma variação que resultou entre ½ a 4 milhões de euros nas empresas portuguesas e de 0,8 a mais de 2,5 milhões de euros nas empresas brasileiras (Tabela 4.3).

Conforme se observa, há, em termos de faturamento, um melhor aproveitamento das empresas portuguesas. Cabe ressaltar que a EB2 desenvolve moldes de grande porte, por isso seu maior faturamento.

Uma diferença marcante entre as empresas é em relação ao mercado de atuação; enquanto as localizadas em Portugal exportam praticamente toda a sua produção, as localizadas no Brasil tem o mercado interno como principal destino dos seus moldes, conforme a Tabela 4.3.

Do número total dos moldes produzidos, a grande maioria é de moldes de injeção de termoplásticos.

Outra diferença importante observada na pesquisa e que também foi relatada em Dantas (2005) é em relação à interação entre as empresas e os órgãos de apoio tecnológico

(universidades, centros de pesquisa). Em Portugal esta interação ocorre com maior frequência, quer seja por projetos de desenvolvimento ou por cursos de capacitação com as seguintes instituições: Centimfe, Cefamol⁹ e as Universidades do Minho e Politécnica de Leiria.

Tabela 4.3 – Número de moldes desenvolvidos, faturamento e mercado de destino

Empresa	Moldes desenvolvidos		Faturamento em milhões de euros (1€=2.5R\$)		Mercado (%)	
	2004	2005	2004	2005	externo	interno
EP1	61 a 80	61 a 80	3 a 4	3 a 4	95	5
EP2	61 a 80	> 100	1 a 2	1 a 2	99	1
EP3	41 a 60	41 a 60	3 a 4	3 a 4	95	5
EP4	41 a 60	41 a 60	½ a 1	½ a 1	85	15
EB1	21 a 31	41 a 60	1,6 a 2,5	> 2,5	0	100
EB2	81 a 90	> 100	> 2,5	> 2,5	0	100
EB3	41 a 60	41 a 60	1,6 a 2,5	1,6 a 2,5	30	70
EB4	31 a 40	31 a 40	1,2 a 1,6	0,8 a 1,2	0	100

Em contraponto, no Brasil, de uma maneira geral, não ocorre interação entre as empresas pesquisadas e os órgãos de apoio tecnológico; a única exceção é a EB1, que, por localizar-se na mesma área de uma instituição de ensino, realiza alguns estudos na área de fabricação de moldes. Essa constatação é muito preocupante, pois o desenvolvimento de novas técnicas e melhoria no processo não ocorre ou acontece de maneira muito lenta.

O nível de formação dos colaboradores envolvidos no desenvolvimento de moldes concentrou-se com os que trabalham com *softwares* de CAD em nível universitário nas empresas portuguesas (EP1 a EP4), e de nível técnico para a EB1, EB3 e EB4 e de nível superior para o EB2.

Para os que trabalham com *softwares* de CAM, no planejamento do processo e na fabricação do molde, o nível de formação predominante foi o de técnico, em todas as empresas. Na Tabela 4.4, podem-se observar de forma estratificada os resultados.

Pode-se também observar na Tabela 4.4 que as empresas EP1, EP4 e EB2 não possuem nenhum colaborador específico para a atividade que envolve *softwares* de CAM, que consiste na realização do programa computacional que será utilizado pela máquina CNC para a usinagem do componente do molde. Esta atividade é realizada pelo próprio operador da máquina CNC, eliminando assim uma função característica dos outros fabricantes de moldes visitados.

⁹ Cefamol: Associação Nacional da Indústria de Moldes.

Tabela 4.4 - Quantidade e formação dos colaboradores que trabalham com os *softwares* de CAD, CAM, e com atividades de planejamento do processo e de fabricação estratificada por empresa e formação

Empresa	CAD								CAM							
	EP1	EP2	EP3	EP4	EB1	EB2	EB3	EB4	EP1	EP2	EP3	EP4	EB1	EB2	EB3	EB4
Formação																
Pós-Graduado																
Graduação	3	1	2	3		8	2									
Segundo grau																
Outros (curso técnico)	4	1	3		5	3	3	2		1	5		3		2	2
Empresa	Planejamento do processo								Fabricação							
	EP1	EP2	EP3	EP4	EB1	EB2	EB3	EB4	EP1	EP2	EP3	EP4	EB1	EB2	EB3	EB4
Formação																
Pós-Graduado																
Graduação		1		2	2		1									
Segundo grau																
Outros (curso técnico)	4	1	1	1		2	1	2	49	68	50	53	30	66	50	30

Quando se analisou as limitações da mão-de-obra da equipe que desenvolve o molde, observou-se como principais resultados, a falta de conhecimento técnico na área de moldes (citado por todas as empresas) e de experiência no projeto de moldes complexos, gerando assim uma limitação de horas disponíveis para o projeto de moldes complexos, pois poucos são os capazes de realizar essa atividade. Outros fatores como competência, capacidade de horas disponíveis e pouca motivação para o aprendizado dos colaboradores sem grande experiência, foram citados.

Os meios empregados para capacitar e atualizar os colaboradores pelas empresas constam na Tabela 4.5. Nota-se que as empresas brasileiras analisadas utilizam principalmente cursos internos ministrados pelos próprios colaboradores. Com isso, acredita-se que no Brasil há carência de cursos de formação e capacitação no setor.

As descrições das funções dos colaboradores que participam do projeto são realizadas de maneira formal pelas empresas, tais como projetista júnior e pleno, na área de projeto, e de processista júnior e pleno, na área de processo. Tais descrições são importantes tanto para a contratação de um novo colaborador, quanto na elaboração dos planos de recursos humanos e de tempo (que serão discutidos no capítulo 5).

Tabela 4.5 – Meios empregados para capacitar e atualizar os colaboradores

Empresa	Meios
EP1	Cursos de curta duração. Além disso, o grupo a qual pertence possui uma unidade dedicada à formação de jovens para o ramo industrial, em que anualmente se formam de 12 a 15 jovens, entre os quais alguns são selecionados para trabalhar na empresa
EP2	Os recém-contratados iniciam projetos mais simples e gradualmente são inseridos em projetos complexos. Outra forma de aprendizado ocorre quando se contrata uma empresa externa para a realização do projeto, havendo nessa ocasião uma reunião da equipe interna com a empresa contratada, para que esta repasse os princípios de solução adotados
EP3	Cursos de atualização internos ou nos órgãos formadores, como o Centimfe e a Cefamol
EP4	Cursos de curta e longa duração no Cenfim ¹⁰ e na Universidade Politécnica de Leiria
EB1	Cursos de curta duração ministrados internamente pelos próprios colaboradores
EB2	
EB3	
EB4	

Quanto ao critério mais utilizado para definir quem executará o projeto do molde (concepção/solução de projeto), o nível de conhecimento dos colaboradores apareceu com grande destaque, seguido da disponibilidade e participação em projetos semelhantes anteriormente realizados.

Na Tabela 4.6 estão descritos os *softwares* de CAD e CAM utilizados no desenvolvimento de moldes. Observa-se nas empresas pesquisadas uma preferência no caso do CAD, pelo Pro-Engineer e pelo MasterCam no caso do CAM, nas empresas portuguesas. Em relação ao CAD, a diversidade de *softwares* muitas vezes em um mesmo fabricante de moldes é decorrente da variedade de *softwares* de CAD de seus clientes.

Tabela 4.6 - *Softwares* de CAD e CAM utilizados nas empresas

Empresas	CAD	CAM
EP1	Pro-Engineer, UGS, Top-mold e Top-solid	Work NC, MasterCam e Master Mill.
EP2	Pro-Engineer e MasterCam	PowerMill e MasterCam
EP3	AutoCad, Pro-Engineer e MasterCam	Pro-Engineer, PowerMill e MasterCam.
EP4	Pro-Engineer e Cimatron	Work NC
EB1	AutoCAD, Power Shape	Power Mill
EB2	UGS	Depocam, RTM
EB3	AutoCad, Pro-Engineer e Ideas	Cimatron
EB4	Power Shape	Power Mill

A utilização dos *softwares* de CAM decorre de análise e critérios internos de cada fabricante de moldes, como, por exemplo, custo, manutenção e capacitação oferecidos pelo fornecedor na região.

¹⁰ Cenfim: Centro de Formação Profissional da Indústria Metal Mecânica.

As empresas pesquisadas não possuem *softwares* de CAE. Quando há dúvidas em relação ao projeto ou quando os clientes solicitam a simulação de injeção, esta é realizada por empresas especializadas contratadas.

Os *softwares* citados para gerenciar as empresas foram o MS-Office e sistemas dedicados desenvolvidos por empresas contratadas.

Para melhorar o nível e a performance do projeto do molde de injeção, a EP1 considera os *softwares* de CAD e as máquinas NC como prioridades de investimento. Já as EP2, a EP3 e todas as brasileiras (EB1 a EB4) relataram que a formação dos colaboradores é a melhor opção. A EP4 considera que o investimento na formação de pessoas e nos sistemas de gerenciamento é a solução para o melhoramento do projeto do molde.

4.2.2 - Contratação da atividade de desenvolvimento do molde

Nesse assunto, as questões pesquisadas foram: a definição da viabilidade de execução do desenvolvimento do molde, como é o processo de contratação, como e quem realiza o orçamento, quais são as informações consideradas no orçamento do molde e quais são os problemas que ocorrem durante o processo de contratação.

Na contratação da atividade de desenvolvimento do molde de injeção, a definição da viabilidade de execução do projeto do molde nas empresas pesquisadas é realizada por meio de uma análise na geometria do componente injetado e da complexidade do projeto do molde que será necessário, conforme é apresentado na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Itens avaliados para a definição da viabilidade de execução do desenvolvimento do molde

Empresa	Itens
EP1	Complexidade do projeto do molde
EP2	Complexidade do projeto do molde
EP3	Geometria do componente injetado
EP4	Complexidade do projeto do molde
EB1	Capacidade da equipe na execução
EB2	Complexidade do projeto do molde
EB3	
EB4	Geometria do componente injetado

O processo de contratação do desenvolvimento do molde, em geral, ocorre de forma semelhante nas empresas portuguesas e nas EB1 e EB2, em que o cliente entra em contato com o responsável comercial e solicita o orçamento, que será realizado no mesmo setor e enviado ao cliente.

Na EB3 e na EB4, após o cliente contatar o setor comercial, este encaminha o pedido à área de engenharia para a realização do orçamento, que retorna para o setor comercial com os valores, que o repassa ao cliente.

O orçamento do molde em todas as empresas é realizado por meio do preenchimento de um formulário específico, baseado na análise do modelo geométrico do componente injetado, e realiza-se uma previsão de horas de trabalho. Com as horas determinadas, tem-se o custo para o desenvolvimento do molde de injeção. Antes de enviar para o cliente o orçamento, este é validado por uma outra pessoa, que geralmente é o gerente.

As informações necessárias para a realização do orçamento do molde, valoradas pelas empresas portuguesas entre 0 (para pouco importante) e 5 (muito importante), estão tabuladas na Tabela 4.8.

A sexta coluna representa a **soma** dos valores atribuídos na pesquisa por cada empresa, com a finalidade de se ordenar as informações. Assim, a contração do material e o tipo de refrigeração são os mais importantes, seguidos do acabamento do produto, tipo de injeção e durabilidade e volume de produção.

Tabela 4.8 - Informações para a realização do orçamento nas empresas portuguesas

Informações	Empresas				Soma
	EP1	EP2	EP3	EP4	
Contração do material	5	5	5	1	16
Tipo de refrigeração	5	5	5	1	16
Acabamento do produto	5	4	4	2	15
Tipo de injeção	5	4	4	2	15
Durabilidade do molde e volume de produção	5	4	4	2	15
Tipo do molde	4	4	4	2	14
Necessidades de insertos ou gavetas	3	4	4	3	14
Tolerâncias	4	4	4	2	14
Bico/câmara quente	3	4	4	2	13
Acabamentos dos componentes do molde	5	3	3	2	13
Dados da injetora	5	3	3	1	12
Tipo de extração	5	3	3	1	12
Linha de fechamento	4	3	3	2	12
Material do molde	4	2	2	3	11
Material do produto	2	3	3	3	11
Número de cavidades	3	1	1	5	10
Tratamento térmico	3	1	1	3	8
Serviços de terceiros	3	2	2	1	8

Na Tabela 4.9 observam-se os resultados das empresas brasileiras, para as quais o tratamento térmico, o número de cavidades e o material do molde são as informações mais importantes para a realização do orçamento.

Tabela 4.9 - Informações para a realização do orçamento nas empresas brasileiras

Informações	Empresas				Soma
	EB1	EB2	EB3	EB4	
Tratamento térmico	5	5	5	5	20
Número de cavidades	5	5	5	5	20
Material do molde	5	5	5	5	20
Bico/câmara quente	5	5	4	5	19
Acabamento do produto	5	4	4	4	17
Tipo de injeção	5	4	4	4	17
Necessidades de insertos ou gavetas	4	5	3	5	17
Tipo do molde	5	3	4	2	14
Tolerâncias	4	3	2	3	12
Linha de fechamento	5	2	2	3	12
Material do produto	5	2	3	2	12
Acabamentos dos componentes do molde	1	3	3	4	11
Dados da injetora	2	2	5	1	10
Tipo de extração	3	2	2	2	9
Serviços de terceiros	1	3	1	3	8
Durabilidade do molde e volume de produção	2	2	1	2	7
Tipo de refrigeração	3	1	2	1	7
Contração do material	1	2	3	1	7

Observa-se pelos resultados apresentados nas Tabelas 4.8 e 4.9 uma diferença de prioridade em relação as informações entre as empresas portuguesas e brasileiras. Enquanto as empresas pesquisadas do pólo de Marinha Grande se preocupam com a contração do material e o tipo do sistema de refrigeração (fatores estes ligados mais a questão de qualidade do molde), as empresas do pólo de Joinville dão maior importância a informações em relação ao tratamento térmico e número de cavidades do molde, que possuem maior impacto no custo do molde.

Ressalta-se neste resultado que, enquanto as empresas portuguesas se preocupam com a qualidade do molde em primeiro lugar, as empresas brasileiras consideram o custo o mais importante. Pode-se relacionar esta observação diretamente com o tipo de relação existente entre fabricante de moldes e clientes. Pois, enquanto as empresas portuguesas trabalham com parcerias a longo prazo (houveram relatos de fabricantes de moldes portugueses que possuem os mesmos clientes há 15 anos), as empresas brasileiras de componentes injetados se baseiam nos menores custos para determinar qual o fabricante que realizará o molde.

Os potenciais problemas na fase de contratação relacionados pelas empresas são apresentados na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 - Potenciais problemas na fase de contratação

Empresa	Problemas
EP1	Recebimento dos desenhos do componente injetado de geometria complexa, que por muitas vezes não estão apresentados de forma clara. A alta constante de preços de matéria-prima também foi lembrada
EP2	Falta de conhecimento técnico de moldes de injeção por parte do cliente, pois muitos detalhes dos componentes injetados poderiam ser simplificados com a finalidade de facilitar a construção e a manutenção do molde de injeção
EP3	Pouca informação por parte do cliente do que é necessário para o desenvolvimento do molde, além de o projeto do componente injetado estar em fase de finalização, o que acarreta alterações constantes no projeto do molde
EP4	Informações do componente injetado, que muitas vezes está em desenvolvimento, provocando atrasos na fabricação do molde e diversas alterações. Aliado a isso está o fator prazo , pois em muitos casos o cliente exige o cumprimento do prazo inicialmente estipulado, ainda que ele atrase na definição da geometria do componente injetado
EB1	Indefinição por parte do cliente em relação à geometria final do componente injetado, pois este não está finalizado, além da falta de conhecimento técnico do cliente em relação a moldes de injeção
EB2	Falta de conhecimento técnico de moldes de injeção por parte do cliente
EB3	Orçamentação do molde com materiais diferentes do que o cliente deseja, falta de informações do cliente em relação ao componente injetado e falta de uma sistemática para as atividades em relação à fase de contratação
EB4	Negociação do valor do molde, pois muitas vezes o molde é realizado por uma empresa que vai fornecer o componente injetado para o cliente principal e não dispõe de recursos financeiros para a aquisição do molde, pois não realizou uma correta revisão

Os principais problemas relatados pelas empresas é a falta de conhecimento por parte do cliente em moldes de injeção (que pode acarretar em custos e dificuldades maiores no desenvolvimento do molde) e que o componente injetado ainda não está com a geometria totalmente finalizada (gerando alterações no molde ao longo do processo de desenvolvimento).

4.2.3 - Planejamento do processo de desenvolvimento

Em relação a este assunto foram abordadas as seguintes questões: como é realizado o planejamento, quais são as ferramentas computacionais utilizadas, como são previstas as atividades em relação aos recursos humanos, custos, qualidade, escopo e tempo, bem como quais os principais problemas que ocorrem durante o processo de planejamento.

A forma de realização do planejamento para o processo de desenvolvimento do molde e as ferramentas utilizadas pelas empresas pesquisadas são apresentadas na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Forma de realização do planejamento e ferramentas utilizadas no processo de desenvolvimento de moldes

Empresa	Forma	Ferramentas
EP1	Há um controle das horas alocadas para cada projetista, auxiliando a tomada de decisão de quem deverá ser encarregado da elaboração do projeto	<i>Software</i> Excel
EP2	É realizado o planejamento por uma equipe e verificado posteriormente pelo responsável do setor	<i>Software</i> dedicado permite o acompanhamento por meio de gráficos de Gantt
EP3		Acompanhamento do plano elaborado e pelo sistema de informação da empresa
EP4	Realizado seguindo as datas predeterminadas e a capacidade produtiva das máquinas pelo engenheiro de planejamento	<i>Software</i> Superproject de gerenciamento de projeto
EB1	São alocadas as atividades de acordo com as datas estabelecidas no contrato	<i>Software</i> MS-Project
EB2	De acordo com as datas estabelecidas no contrato	
EB3	É realizado de acordo com as datas estabelecidas no contrato	<i>Softwares</i> Excel e MS-Project
EB4	De acordo com as datas estabelecidas no contrato	<i>Software</i> MS-Project

Na Tabela 4.12, mostram-se os resultados de como cada empresa realiza a previsão das atividades em relação a recursos, custos, qualidade, escopo e tempo. De uma maneira geral, as atividades não são planejadas antecipadamente em relação aos quesitos questionados.

Tabela 4.12 - Previsão das atividades em relação a recursos, custos, qualidade, escopo e tempo

Empresas	Recursos	Custos	Qualidade	Escopo	Tempo
EP1	Previsão de quem irá executar baseado nas horas já alocadas	Deverá estar de acordo com o orçamento	De acordo com o padrão especificado pelo cliente	Não há	De maneira a cumprir o que foi especificado no contrato
EP2	Cada área especifica posteriormente quem irá executar				
EP3	Previsão de quem irá executar baseado nas horas já alocadas				
EP4	Cada área especifica posteriormente quem irá executar		Será especificado posteriormente em cada início de atividade		
EB1					
EB2					
EB3					
EB4					

Os potenciais problemas na etapa de planejamento relacionados pelas empresas são apresentados na Tabela 4.13. De maneira geral, o problema mais relatado foi a dificuldade de conhecer a disponibilidade dos recursos livres da empresa para a realização do planejamento, sendo importante deste modo a proposição de uma ferramenta que permita auxiliar a pessoa que realiza o planejamento neste sentido.

Tabela 4.13 - Potenciais problemas na fase de planejamento nas empresas pesquisadas

Empresa	Problemas
EP1	Operações em máquinas que possuem carga hora maior que sua capacidade e alterações no componente injetado por parte do cliente
EP2	Dificuldade de conciliar todos os setores da empresa para realizar a fabricação
EP3	Conciliação da alocação das atividades entre o tempo disponível e o tempo para a fabricação
EP4	Alterações, por parte do cliente, no componente injetado
EB1	Dificuldade de verificar a disponibilidade de recursos livres para planejar as atividades
EB2	Realização de retrabalho não previsto, alterando os prazos estabelecidos
EB3	Estimativas errôneas de prazo, quebra de ferramentas e máquinas. Isso tudo altera as estimativas de custo e prazo, além de gerar erros no processo de fabricação nos componentes do molde
EB4	Carga de máquina disponível menor que o necessário, gerando alterações em relação ao prazo

4.2.4 - Projeto do molde

No assunto de projeto do molde foram pesquisados: como são informados os dados pelo cliente, quais são as informações necessárias para a realização do projeto, qual é o tempo médio de execução da atividade, quais são os itens calculados e os estimados e por quem, como é o fluxo do desenvolvimento de moldes na empresa, se há metodologia de desenvolvimento e se atende as necessidades, qual a seqüência de decisões de projeto em um molde, se o processo de injeção e de montagem são levados em consideração no projeto do molde, se há retorno de possíveis erros de projeto.

Também foi pesquisado neste assunto qual a prioridade no projeto, se as informações são documentadas, se há interação com as outras áreas da empresa, se o desenho é realizado em 2D ou 3D, se há biblioteca digital e por fim os principais problemas relacionada ao projeto do molde.

Em todas as empresas, as informações em relação ao projeto do molde são coletadas com o cliente por meio de formulário técnico que ele mesmo preenche.

As informações necessárias para a realização do projeto do molde valoradas entre 0 (pouco importante) e 5 (muito importante) são apresentadas na Tabela 4.14. A contração do material, o tipo de injeção e o tipo de refrigeração foram os principais itens indicados pelas empresas portuguesas, seguidos das necessidades de insertos, tolerâncias e durabilidade do molde e volume de produção.

Já nas empresas brasileiras, o número de cavidades, o bico/câmara quente e os dados da injetora foram as principais informações para realizar um projeto de molde (Tabela 4.15). Tal resultado indica, mais uma vez, que os critérios mais importantes para a realização do projeto do molde diferem de um projetista para outro.

Nos resultados apresentados nas Tabelas 4.14 e 4.15 observa-se também uma diferença de prioridade em relação as informações entre as empresas portuguesas e brasileiras. Nas empresas portuguesas pesquisadas há uma maior prioridade para informações que não impactam fortemente no custo total do molde, em contraponto, nas empresas brasileiras pesquisadas, observou uma maior preocupação com informações que impactam grandemente nos custos.

Tabela 4.14 - Informações para a realização do projeto do molde nas empresas portuguesas

Informações	Empresas				Soma
	EP1	EP2	EP3	EP4	
Contração do material	5	5	5	1	16
Tipo de injeção	5	4	5	2	16
Tipo de refrigeração	5	5	5	1	16
Necessidades de insertos ou gavetas	3	4	5	3	15
Tolerâncias	4	4	5	2	15
Durabilidade do molde e volume de produção	5	4	4	2	15
Material do molde	4	2	5	3	14
Linha de fechamento	4	3	5	2	14
Tipo do molde	4	4	4	2	14
Bico/câmara quente	3	4	5	2	14
Dados da injetora	5	3	5	1	14
Tipo de extração	5	3	4	1	13
Acabamentos dos componentes do molde	5	3	3	2	13
Acabamento do produto	5	4	2	2	13
Número de cavidades	3	1	4	5	13
Material do produto	2	3	4	3	12
Tratamento térmico	3	1	3	3	10
Serviços de terceiros	3	2	3	0	8

O tempo médio para a realização apenas da atividade de projeto de um molde de duas placas foi apontado como sendo de no máximo de 30 dias, com exceção da EB2, que relatou necessitar de 61 a 90 dias, pois os moldes desenvolvidos são de elevada complexidade.

A Tabela 4.16 apresenta os itens do molde de injeção que são estimados ou calculados, e quem executa esta tarefa. Na coluna 1 está o que é estimado (E) ou calculado (C) e na coluna 2, quem realiza, que pode ser o fabricante (F) ou o cliente (Cl).

Por exemplo, a **definição do número de cavidades**, segundo todas empresas, é calculado pelo cliente.

Tabela 4.15 - Informações para a realização do projeto do molde nas empresas brasileiras

Informações	Empresas				Soma
	EB1	EB2	EB3	EB4	
Número de cavidades	5	5	5	5	20
Bico/câmara quente	5	4	5	5	19
Dados da injetora	5	5	5	4	19
Material do molde	5	4	5	5	19
Tipo de injeção	5	4	4	4	17
Material do produto	5	5	5	1	16
Contração do material	5	3	3	5	16
Tolerâncias	5	3	3	4	15
Linha de fechamento	5	2	4	4	15
Tipo de extração	5	4	3	3	15
Necessidades de insertos ou gavetas	3	2	4	5	14
Tratamento térmico	4	1	3	5	13
Tipo do molde	5	1	4	2	12
Acabamento do produto	5	1	4	1	11
Acabamentos dos componentes do molde	4	1	3	3	11
Durabilidade do molde e volume de produção	1	4	3	1	9
Tipo de refrigeração	4	1	2	1	8
Serviços de terceiros	1	2	1	1	5

Tabela 4.16 – Descrição dos itens do molde que são estimados ou calculados, pelo cliente ou pelo fabricante de moldes

Itens estimados ou calculados	Empresas							
	EP1		EP2		EP3		EP4	
Sistema de refrigeração	E	F	C	F	E	F	C	F
Posição e quantidade de extratores.	E	F	C	F	E	F	E	F
Força de extração	C	F	E	Cl	E	F	C	F
Balanceamento das cavidades	C	F	E	F	E	F	E	F
Balanceamento dos canais de alimentação	C	F	C	F	E	F	E	F
Definição do número de cavidades	C	Cl	C	Cl	C	Cl	C	Cl
Vida útil do molde	E	Cl	C	Cl	E	F	E	Cl
Máquina que receberá o molde	C	Cl	E	Cl	E	F	C	Cl
Tipo e dimensão dos canais de alimentação	C	F	C	F	E	F	C	F
Tipo e dimensão dos canais de distribuição	C	F	C	F	E	F	C	F
Definição do canal de entrada	C	F	C	F	E	F	C	F
	EB1		EB2		EB3		EB4	
Sistema de refrigeração	E	F	E	F	E	F	E	F
Posição e quantidade de extratores.	E	F	E	F	E	F	E	F
Força de extração	C	F	C	F	C	F	E	F
Balanceamento das cavidades	E	F	C	F	C	F	E	F
Balanceamento dos canais de alimentação	E	F	C	F	C	F	C	F
Definição do número de cavidades	C	Cl	C	Cl	C	Cl	C	Cl
Vida útil do molde	C	Cl	C	Cl	E	C	E	F
Máquina que receberá o molde	C	Cl	C	Cl	C	Cl	C	Cl
Tipo e dimensão dos canais de alimentação	E	F	C	F	C	F	C	F
Tipo e dimensão dos canais de distribuição	E	F	C	F	C	F	C	F
Definição do canal de entrada	E	F	C	F	E	F	C	F
E=estimado, C=calculado, F=fabricante e Cl=cliente.								

Para melhor visualização desses dados, o Gráfico 4.1, apresenta o número de empresas que realiza o cálculo ou estima os itens questionados na pesquisa.

Pelo resultado, percebe-se que há possibilidade da realização de várias pesquisas em relação ao projeto do molde, especialmente quanto ao sistema de refrigeração, que como se pode observar é um item que a maioria das empresas não calcula, mas estima. Considerando que o sistema de refrigeração é responsável por grande parte do tempo do ciclo de injeção, esse item deveria ser objeto de estudos mais detalhados.

A posição e a quantidade de extratores também são itens estimados pela maioria das empresas e que poderiam ser também objetos de outros estudos, pois impactam fortemente na qualidade do componente injetado.

Pode-se atribuir a pouca utilização de cálculos nos componentes dos moldes devido a dois fatores: a falta de qualificação dos projetistas e a carência de teorias propondo métodos simplificados para a realização dos cálculos.

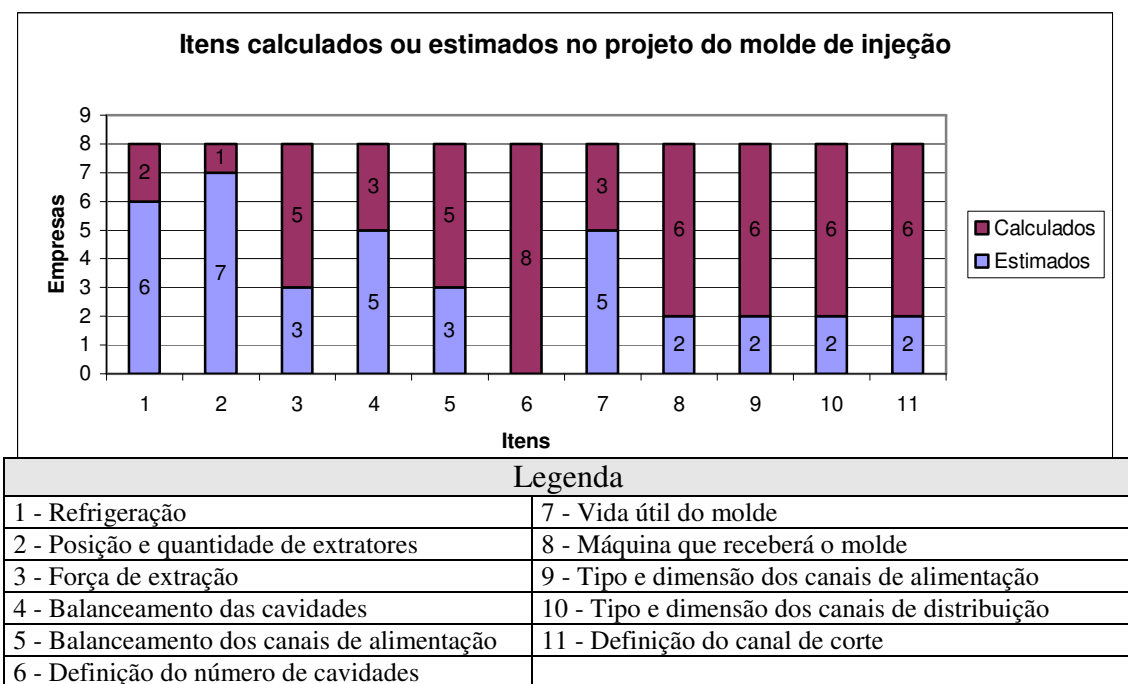


Gráfico 4.1 - Itens calculados e estimados no projeto de moldes de injeção

Baseado na entrevista realizada na pesquisa de campo é apresentado na Figura 4.1 o fluxograma do processo de desenvolvimento do molde de injeção da empresa EP1.

Observa-se que o processo se inicia com a necessidade do cliente pelo molde, este contata o setor comercial do fabricante de moldes para a realização do orçamento, preenche um formulário técnico com as informações em relação a alguns aspectos do componente injetado, tais como material e geometria. Em alguns casos, o cliente envia o protótipo físico para a

análise da geometria. Há também no formulário itens em relação à quantidade de cavidades do molde, materiais e tratamentos térmicos desejados.

Com essas informações, é realizado o orçamento e enviado ao cliente, que pode aprovar ou não, negociando valores e prazos.

Com o orçamento aprovado, são realizados o planejamento geral do desenvolvimento do molde e, em seguida, o projeto em 2D do molde de injeção. Nesse projeto, estão a localização e os tipos dos sistemas do molde (injeção, refrigeração, extração e saída de gás).

Assim, uma análise crítica do projeto é realizada, sendo avaliados detalhes de fabricação. Se for o caso, é sugerido ao cliente modificações na geometria do componente injetado para redução de custos do molde ou melhora a sua eficiência, quando do processo de transformação do polímero.

Definido o conceito do molde, o projeto detalhado em 3D (representação na forma de sólidos) é realizado, e posteriormente a sua fabricação executada.

Estando o molde com todos os seus componentes finalizados, são realizados alguns testes para verificação do seu funcionamento e para a produção de um pequeno lote de componentes injetados, que depois de aprovado internamente pelo fabricante do moldes é enviado ao cliente para a validação do componente.

Caso o cliente deseje realizar alterações no componente injetado, novas datas e custos são definidos por ambas as partes.

Na EP2, o processo é semelhante ao da EP1, observando-se as seguintes diferenças: validação do orçamento pelo gerente, realização do pré-projeto em 2D ou 3D e reunião com o cliente para a discussão do pré-projeto, com a finalidade de validá-lo por escrito, conforme é apresentado na Figura 4.2.

A EP3 utiliza a mesma seqüência de trabalho da EP2, sendo a única diferença é que o pré-projeto e o projeto detalhado são realizados em 2D. Esta diferença também é observada entre a EP2 e as demais empresas pesquisadas. O fluxograma do processo da EP3 pode ser visualizado na Figura 4.3.

O fluxograma da EP4 (Figura 4.4) também é semelhante ao das outras empresas, tendo nesta a diferença nas atividades iniciais. Após a aprovação do orçamento, há o preenchimento de um formulário de projeto, que servirá de fonte de informações para o projeto do molde.

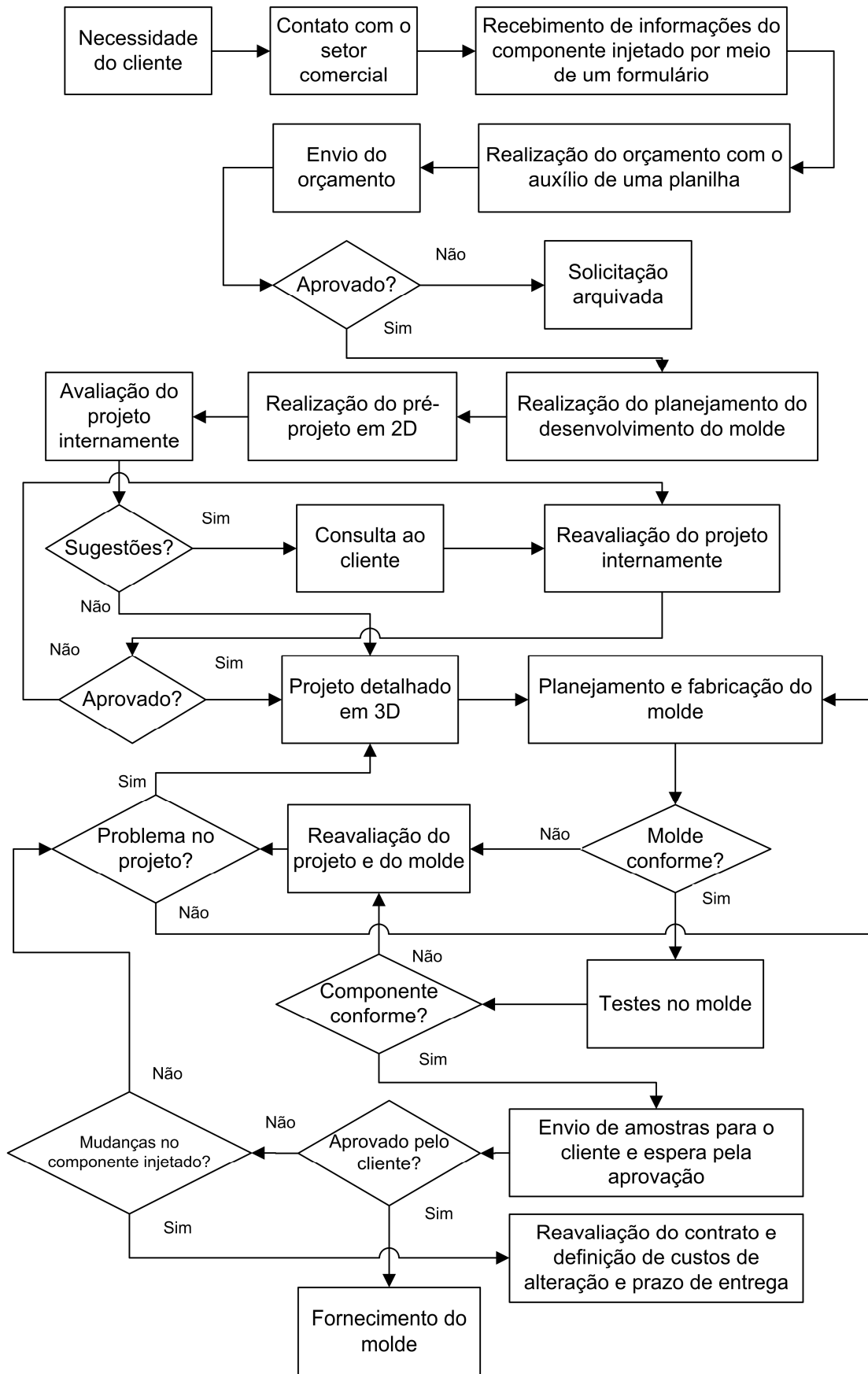


Figura 4.1 - Fluxograma do processo de desenvolvimento de moldes na EP1

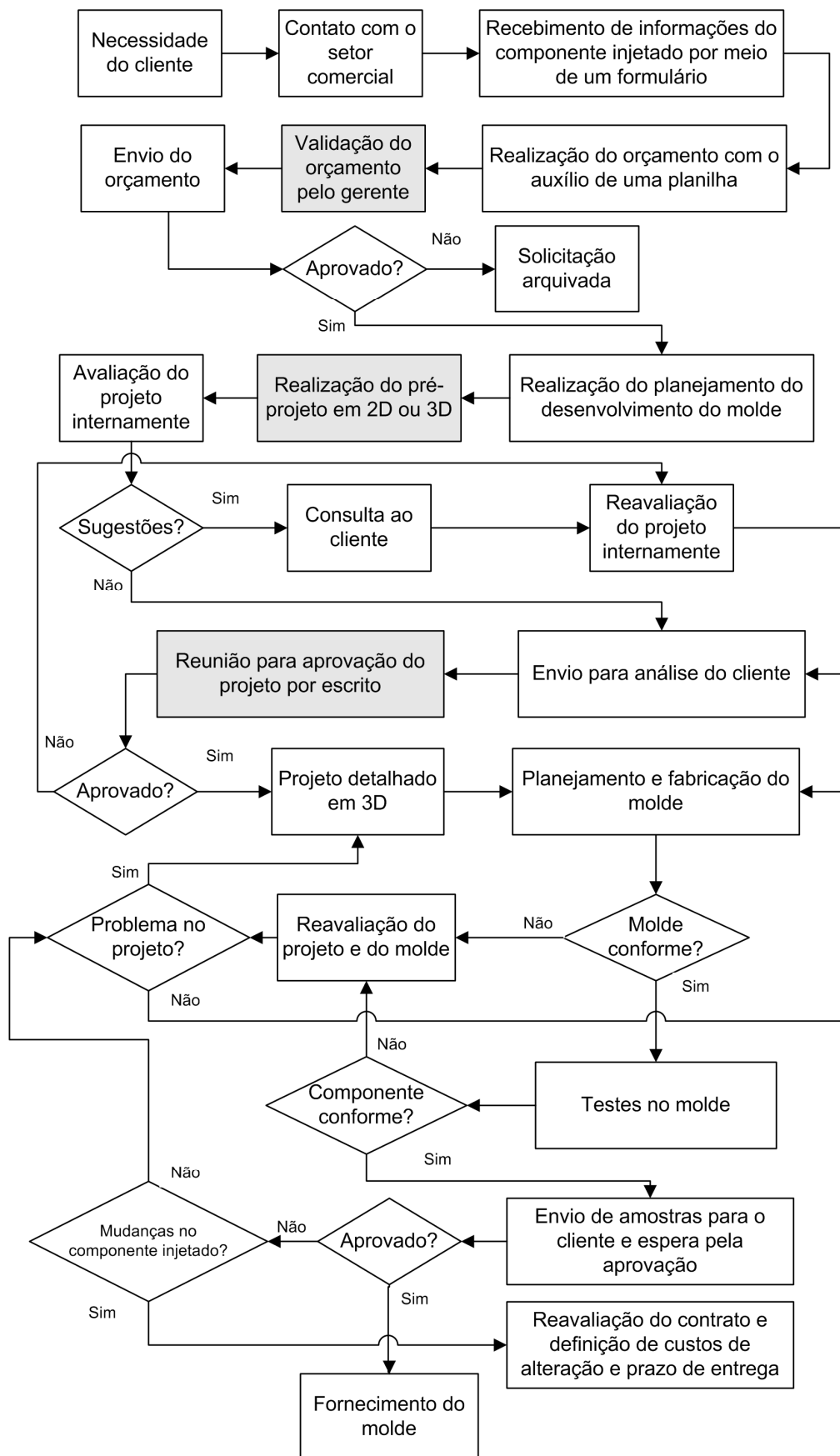


Figura 4.2 - Fluxograma do processo de desenvolvimento de moldes na EP2

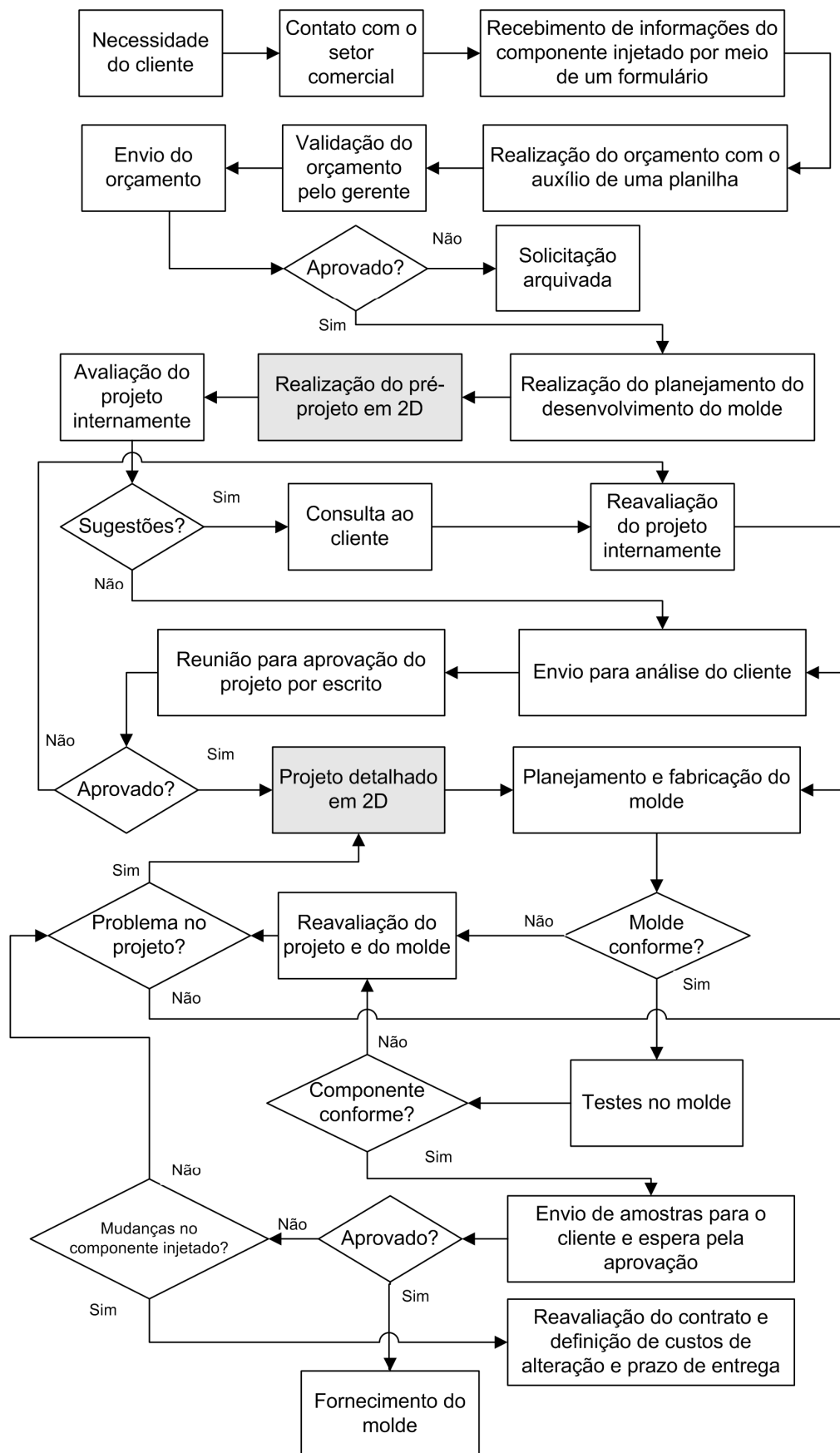


Figura 4.3 - Fluxograma do processo de desenvolvimento de moldes na EP3

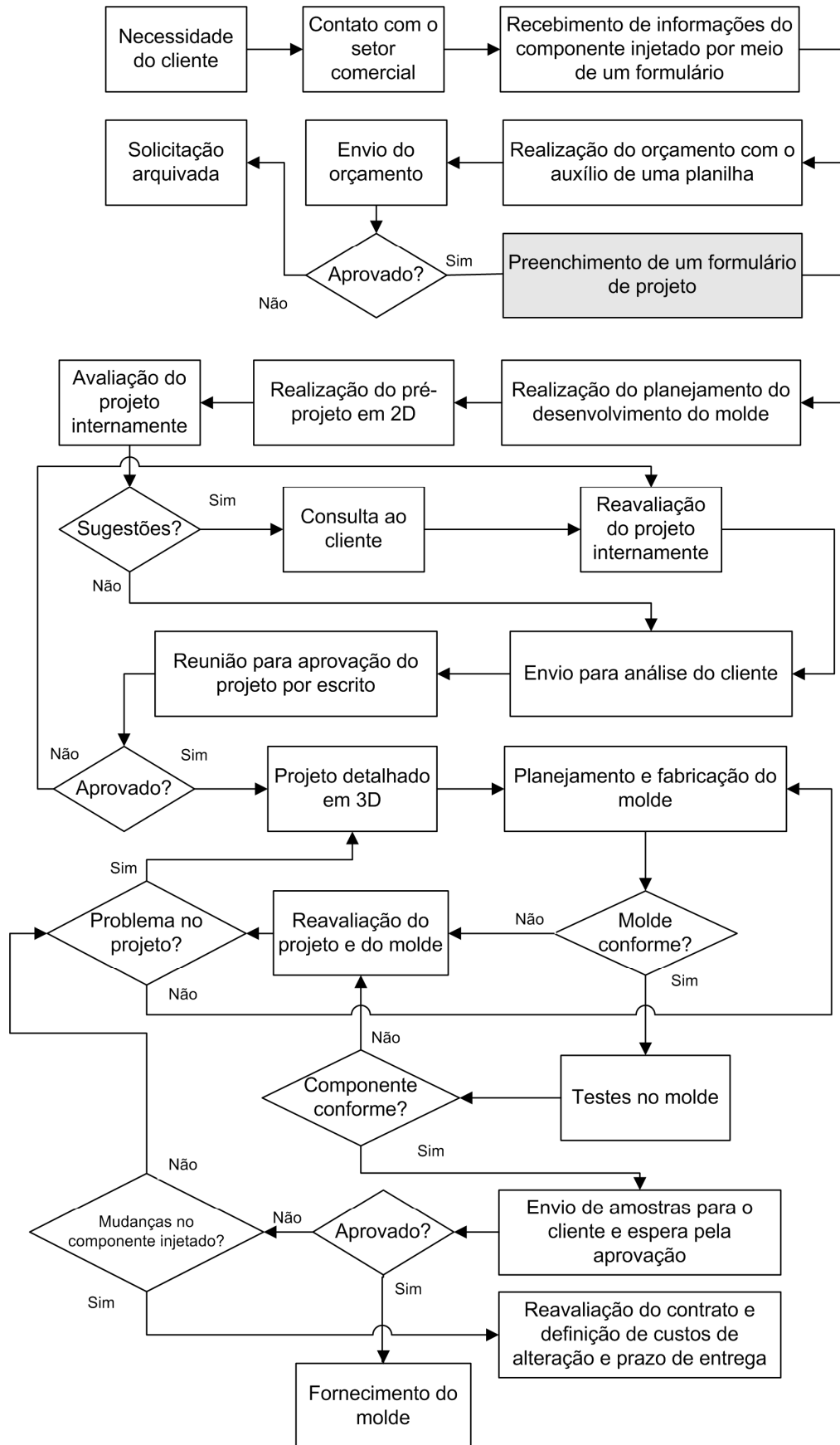


Figura 4.4 - Fluxograma do processo de desenvolvimento de moldes na EP4

Na EB1 (Figura 4.5), o cliente realiza o contato com o setor comercial do fabricante de moldes, que preenche um formulário, sendo utilizado para a realização do orçamento. Para a realização do orçamento, é utilizada uma planilha em que são estimadas as horas necessárias para o desenvolvimento.

Depois de aprovado o orçamento pelo cliente, o desenvolvimento do molde é planejado, e na seqüência o projeto do molde de injeção é realizado e avaliado internamente. Posteriormente, o projeto é discutido com o cliente para a sua aprovação por escrito.

Após a obtenção da aprovação do cliente, o projeto do molde é então elaborado na forma detalhada em 2D ou 3D para que possa ser enviado para a fabricação. Uma vez fabricados e montados todos os componentes do molde, este é levado para uma máquina injetora para que seja testado o seu funcionamento mediante inclusive a moldagem de alguns componentes injetados para controle dimensional.

Caso as dimensões do componente injetado estejam de acordo com o projeto, algumas amostras são enviadas ao cliente e se aguarda o retorno. O cliente sinalizando que as amostras estão dentro do especificado, se envia o molde ao cliente.

Caso as amostras não estejam dentro das especificações uma reavaliação no projeto e no molde deverá ser realizada. Se o cliente desejar alterar alguma dimensão do componente injetado, uma revisão no contrato deverá ser realizada estabelecendo novos prazos e se for o caso os custos adicionais das alterações.

Na EB2 (ver Figura 4.6) o processo é semelhante a EB1, observando-se as seguintes diferenças: a validação do orçamento do molde é realizada pelo gerente, o planejamento do desenvolvimento do molde é realizado pelo gerente do projeto (há nessa empresa três pessoas que desempenham a função), por meio do *software* MS-Project e o pré-projeto já é realizado em 3D.

A Figura 4.7 apresenta o processo de desenvolvimento na empresa EB3, em que as diferença observada no processo foi que o cliente contata o setor comercial, que preenche uma ficha com informações e as repassa ao setor de engenharia para que seja realizado o orçamento; quando finalizado, retorna ao setor comercial e este o envia ao cliente.

Já na empresa EB4 (ver Figura 4.8), o processo é semelhante aos demais fabricantes, observando-se a seguinte diferença: o setor de vendas da empresa encaminha ao gerente de engenharia a solicitação do orçamento. Outra diferença é que se o orçamento for aprovado pelo cliente, o gerente de engenharia entra em contato com o cliente solicitando informações que serão utilizadas no projeto do molde.

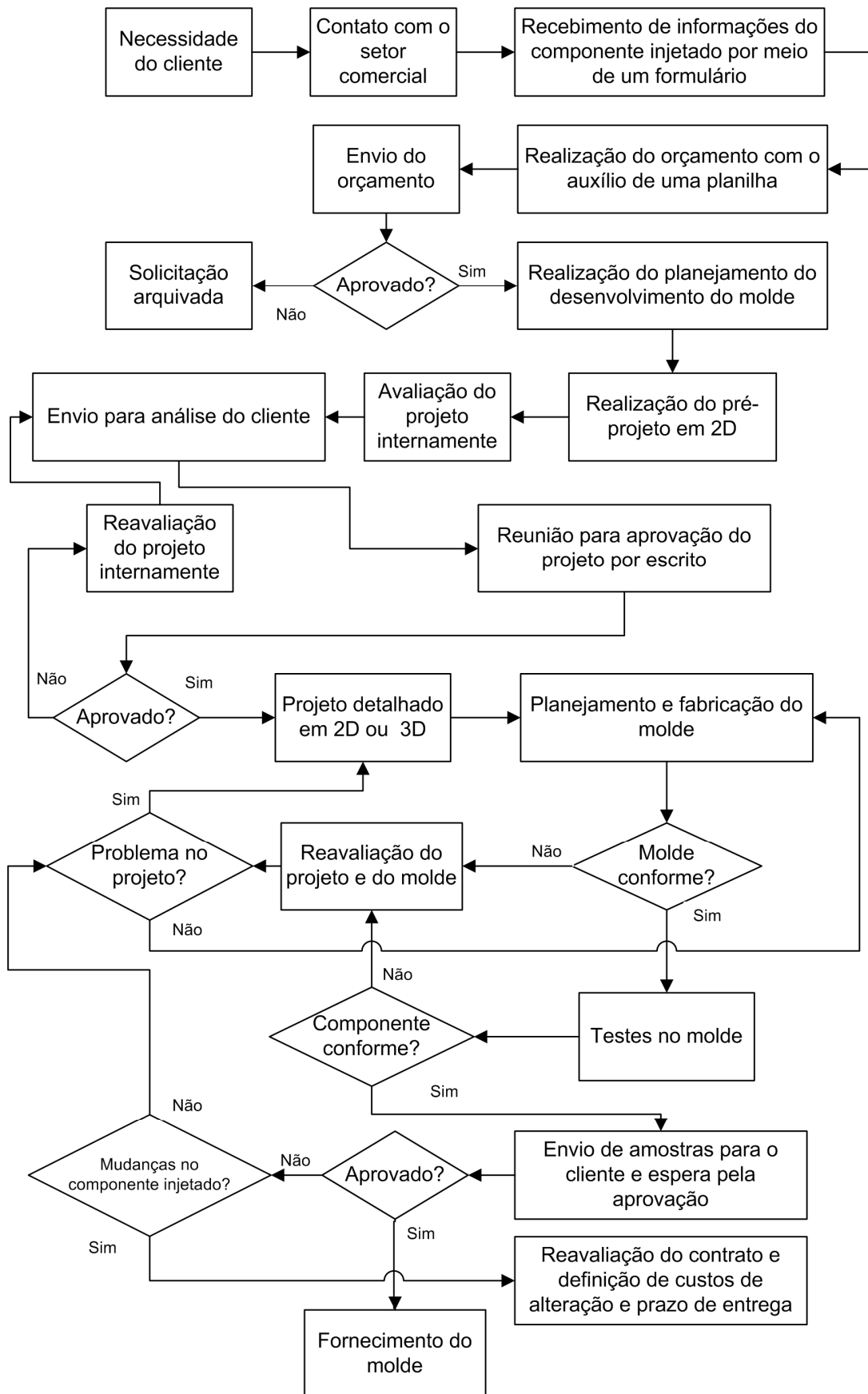


Figura 4.5 - Fluxograma do processo de desenvolvimento de moldes na EB1

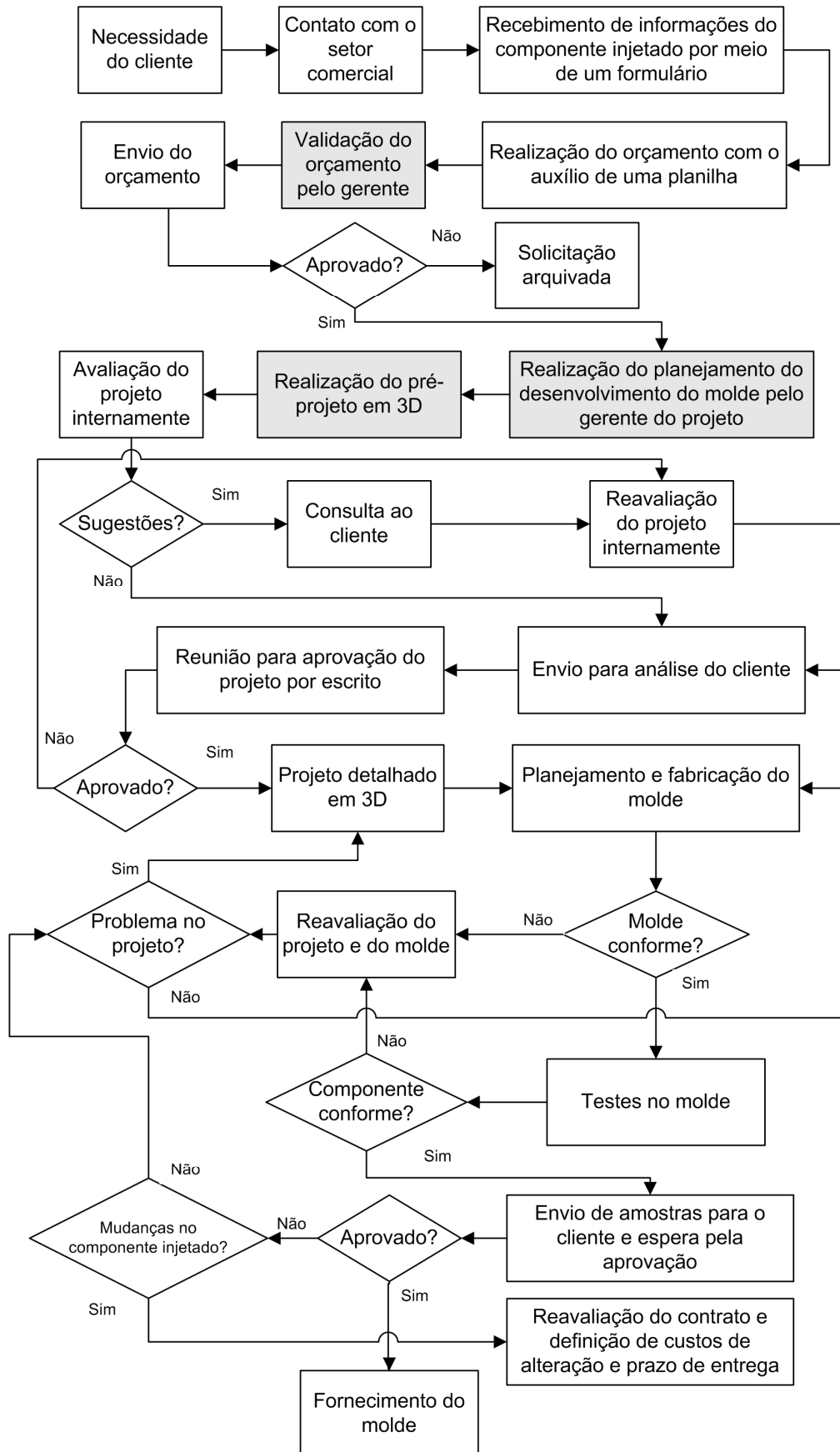


Figura 4.6 - Fluxograma do processo de desenvolvimento de moldes na EB2

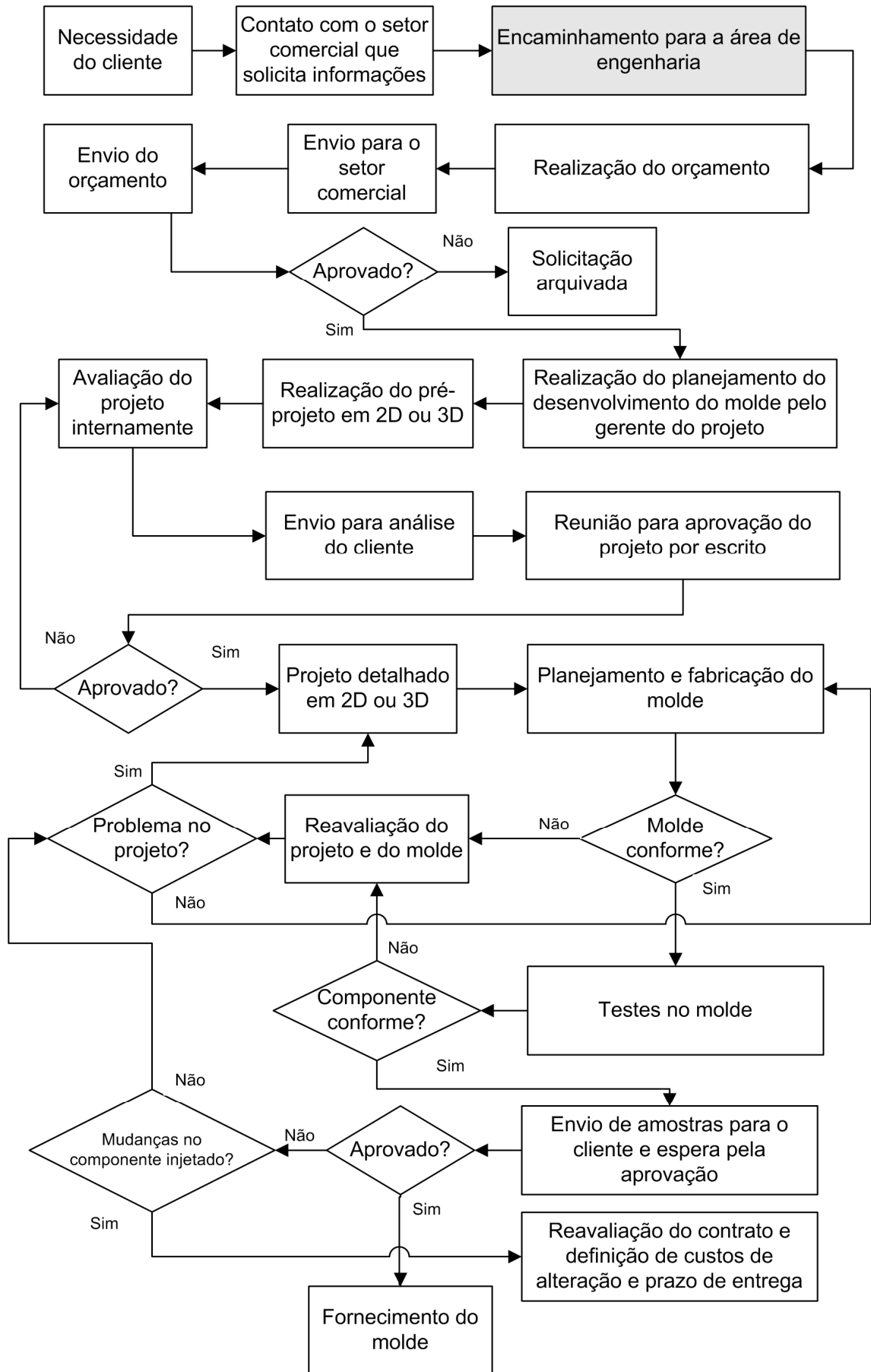


Figura 4.7 - Fluxograma do processo de desenvolvimento de moldes na EB3

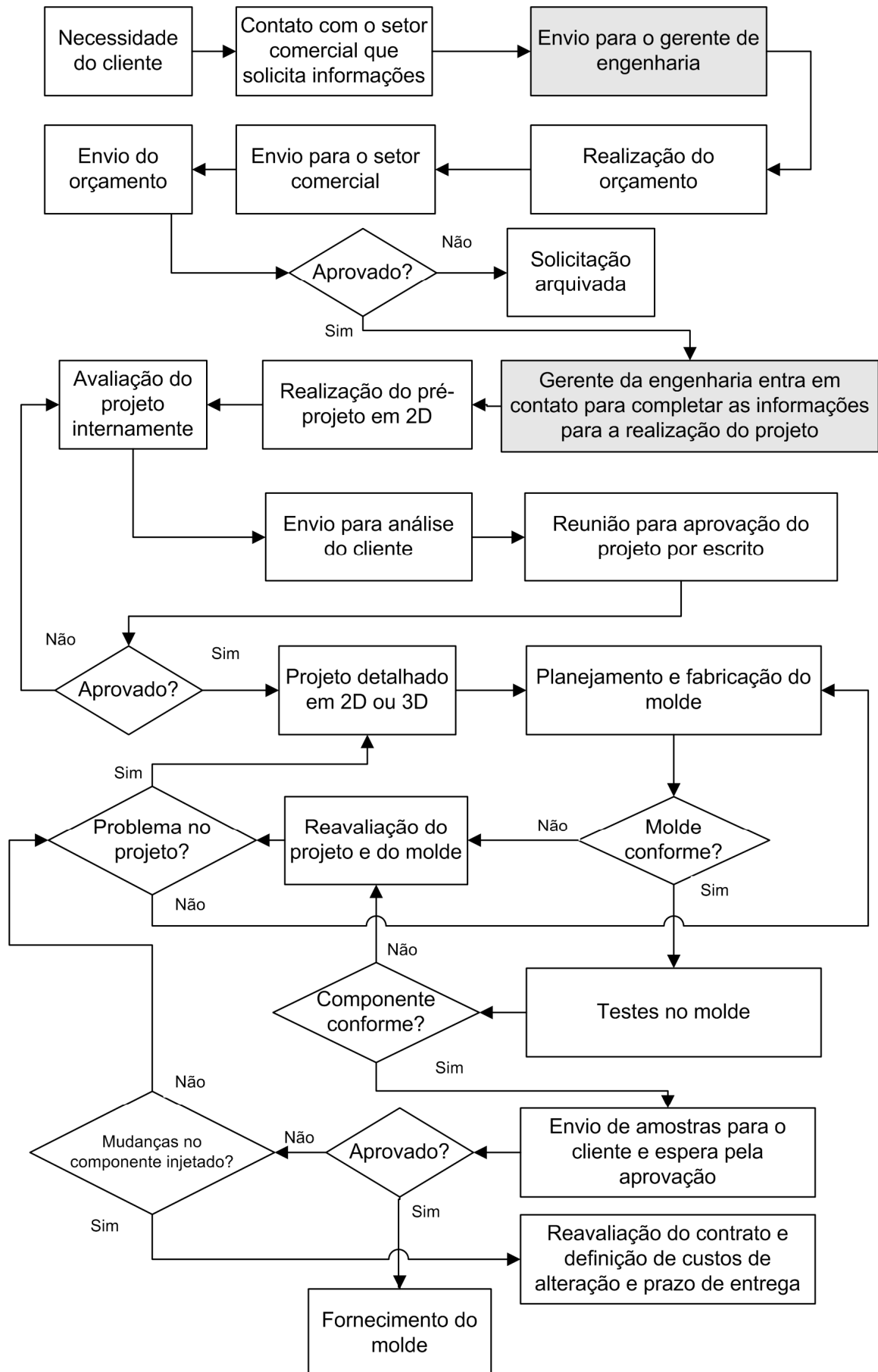


Figura 4.8 - Fluxograma do processo de desenvolvimento de moldes na EB4

Os processos descritos na forma de fluxograma nas Figuras 4.1 a 4.8 são processos descritos no sistema de qualidade das empresas, já que todas possuem a ISO 9000.

Segundo as empresas, a metodologia adotada para o desenvolvimento do molde de injeção atende às necessidades, contudo pode ser melhorada, focando a redução de tempo de desenvolvimento e de retrabalho.

Cabe ressaltar que, de acordo com o fluxograma das Figuras 4.1 a 4.4, há uma seqüência adotada pelas empresas acerca das atividades necessárias para o desenvolvimento do molde, contudo, em relação ao projeto do molde, cada projetista possui sua maneira de executar, pois não há uma descrição detalhada da seqüência em que se deve realizar o projeto.

Os benefícios que uma metodologia poderia trazer para as empresas, indicados por todas, seriam a redução do tempo de projeto e com isso a otimização dos recursos. A EP3 citou ainda que a transmissão de conhecimento entre os colaboradores se torna mais fácil, porque os projetistas novos poderão se basear na metodologia no momento da realização do projeto.

A seqüência de projeto, por exemplo, de um molde de duas placas empregado nas empresas pode ser visualizada na Tabela 4.17, numerada por ordem de prioridade. Ou seja, a primeira atividade realizada nas empresas portuguesas é a determinação do leiaute e do número de cavidades do molde que irá ser desenvolvido. Para a EP1, a definição das linhas de fechamento é a segunda atividade, para a EP2 e a EP3, a quarta atividade, sendo a sexta atividade para a EP4.

Em relação as empresas brasileiras, se observou que as EB1 e EB3 realizam a definição das linhas de fechamento primeiro, e a EB2 e EB4 analisam a funcionalidade do molde primeiro. A determinação do leiaute é a segunda atividade nas EB1, EB2 e EB4, já a EB3 realiza o projeto do sistema de alimentação como segunda atividade.

Tabela 4.17 – Seqüência de atividades no projeto do molde

Atividades	Empresas							
	EP1	EP2	EP3	EP4	EB1	EB2	EB3	EB4
Determinar o leiaute e o número de cavidades	1	1	1	1	2	2	3	2
Definir as linhas de fechamento	2	4	4	6	1	3	1	3
Projetar o sistema de alimentação	3	6	6	2	3	5	2	7
Projetar o sistema de refrigeração	4	5	5	5	5	6	4	8
Projetar o sistema mecânico	7	2	2	4	8	7	9	9
Projetar o sistema de extração	5	7	7	3	4	8	6	5
Analisar a estrutura do molde	6	3	3	7	6	4	7	4
Analisar a funcionalidade do molde	8	8	8	9	7	1	5	1
Determinar o porta-molde	9	9	9	8	9	*	8	6

* Em virtude das grandes dimensões dos componentes injetados, os portas-moldes não são utilizados.

Nota-se que não há uma uniformidade na seqüência do projeto. Apenas o leiaute e o número de cavidades foram considerados pelas empresas de Portugal como a primeira

atividade a ser realizada. Esse resultado é semelhante ao apresentado na literatura e resumida na Tabela 3.1, mostrando que não há uma padronização da seqüência de atividades no projeto de moldes.

Também, não houve um padrão de seqüenciamento das atividades de projeto nas empresas brasileiras, comprovando que talvez haja carência de uma metodologia específica para o projeto de moldes, que os projetistas possam se basear.

As informações em relação ao processo de injeção e à montagem do molde que são levados em consideração na fase de projeto, são apresentados na Tabela 4.18. Considera-se por montagem do componente se o mesmo for parte integrante de outro produto.

Tabela 4.18 – Informações relatadas na realização do projeto do molde em relação ao processo de injeção e à montagem do componente injetado

Empresa	Informações	
	Processo de injeção	Montagem do componente injetado
EP1	Tipo do sistema de injeção e o ciclo de produção do componente injetado	Informações de onde o componente injetado vai ser montado. Assim, será possível melhorar o projeto do molde contemplando esses aspectos
EP2	Ciclo de produção do componente injetado, material e sua contração. Quando há análise de simulação CAE, o projeto já é realizado visando à otimização do processo	Informação de onde o componente injetado será montado e como será sua funcionalidade, para verificar, por meio de experiências anteriores, se não vão ocorrer problemas
EP3	Material polimérico que será utilizado, principalmente quando se utilizam novos materiais de comportamento ainda não conhecidos	Informação de onde o componente injetado será utilizado. Em virtude de sigilo industrial, essa informação não é obtida
EP4	Ciclo de produção do componente injetado, bem como o material e a sua contração	Não são considerados
EB1	Tipo do sistema de injeção e dados da máquina que vai ser utilizada	Informações de onde o componente injetado será montado. Contudo essas informações não são obtidas por questões de sigilo de projeto
EB2	Utilização mínima de mecanismos a fim de reduzir a manutenção. Além de considerações para que a extração do componente injetado no processo de produção seja facilitada	Informações de onde o componente injetado será utilizado
EB3	Massa e tolerâncias do componente injetado, localização do canal de entrada, ângulos de saída, tipo da extração e de fixação do molde na máquina e o sistema de injeção (canal frio ou canal quente ou ainda com câmara quente)	
EB4	Tipo de injeção	É solicitado o desenho do conjunto, em que será montado o componente injetado para análise

Depois que a solução de projeto do molde é liberada para a fabricação, o retorno para a fase de projeto para corrigir possíveis problemas foi relatado como uma prática comum nas empresas. Dúvidas em relação a cotas inseridas erroneamente nos desenhos foram citadas.

O retorno das informações por parte do cliente, depois de algum tempo que o molde já está em pleno uso, é uma prática também comum nas empresas, sendo realizado por meio de uma pesquisa de satisfação do cliente, além de visitas do setor comercial.

Um sistema computacional que realize o registro de informações e que possa realizar uma busca na base de dados para melhorar o processo de projeto e auxiliar na tomada de decisões é considerado importante pelas empresas, sendo o registro de geometria e texto as principais informações que deveriam possuir, além de informações técnicas relativas a moldes de injeção.

Apesar de as empresas possuírem *softwares* de CAD, nenhum deles realiza uma procura automática de formas geométricas semelhantes em relação aos projetos já desenvolvidos. Assim, um *software* que tenham esse tipo de recurso seria grandemente utilizado em tal ramo industrial.

Outra observação realizada em relação aos *softwares* de CAD é que somente a EB2 trabalha com projetos de moldes em 3D paramétricos, ou seja, já há uma pré-relação entre as dimensões do molde.

As prioridades no desenvolvimento de moldes pelas empresas pesquisadas estão evidenciadas na Tabela 4.19. Quatro empresas indicaram a qualidade como prioridade no desenvolvimento do molde, seguida pelo custo, apontado por três empresas, e o prazo por uma empresa.

Tabela 4.19 – Ordem de prioridade dos fabricantes de moldes no desenvolvimento

	Empresas							
	EP1	EP2	EP3	EP4	EB1	EB2	EB3	EB4
Custo	1	1	3	1	2	2	2	3
Qualidade	2	2	1	2	1	1	1	2
Prazo	3	3	2	3	3	3	3	1

Quando se realiza um novo projeto, e se deseja verificar as soluções de projeto anteriores, as informações observadas, são principalmente, as formas geométricas dos componentes injetados.

As soluções de projeto de cada molde de injeção são documentadas na forma de desenhos e armazenadas eletronicamente, para possíveis consultas posteriores. Por meio da Tabela 4.20 é possível observar os resultados dessa questão e quais as formas de interações do setor de projeto com os outros setores.

Tabela 4.20 - Formas de documentação das soluções de projeto e interação do setor de projeto

Empresa	Soluções de projeto	Interações
EP1	Desenhos e arquivos eletrônicos no computador que contêm as informações relativas ao molde	Há interação de forma informal, mas, quando há problemas, há reuniões formais com os setores envolvidos
EP2	Informações do projeto e da fabricação são arquivadas, havendo possibilidade de verificação dos desenhos por parte dos outros projetistas, em uma pasta de projeto	Utilização do sistema <i>Windows Messenger</i> entre os envolvidos no projeto, facilitando a comunicação
EP3	Informações do projeto e da fabricação são arquivadas eletronicamente, sendo as futuras mudanças no molde também registradas (por um prazo de cinco anos)	Os projetistas acompanham <i>in loco</i> o processo de fabricação de alguns componentes, para verificar como as soluções de projeto são executadas
EP4	Informações do projeto e da fabricação são arquivadas, havendo possibilidade de verificação dos desenhos por parte dos outros projetistas	Reuniões ao longo do processo de desenvolvimento
EB1		
EB2		
EB3		
EB4		

A nomenclatura dos componentes do molde nas quatro empresas brasileiras foi a mesma, cujo desenho e funções já foram apresentados no Capítulo 3.

Todas as empresas portuguesas e as EB1, EB2 e EB4 possuem biblioteca de componente-padrão em 3D ou em 2D. A EB3 não possui muitos componentes organizados na forma de uma biblioteca eletrônica.

Como o sistema de refrigeração tem grande impacto no tempo total do ciclo de produção do componente injetado, procurou-se conhecer como é realizado o procedimento para o projeto do sistema de refrigeração, sendo as respostas descritas na Tabela 4.21.

Tabela 4.21 – Procedimento adotado pelas empresas pesquisadas para o projeto do sistema de refrigeração (Continua)

Empresa	Procedimento
EP1	Realizado com a utilização de normas internas e consulta a manuais
EP2	Por meio de um sistema de refrigeração inovador, em que, independentemente da forma do componente injetado, a distribuição dos canais de refrigeração é igual, alterando somente a dimensão da placa do sistema de refrigeração. OBS: A empresa denomina tal sistema de “modular de refrigeração”. Com esse sistema, as alterações que o cliente deseja realizar no produto em qualquer etapa podem ser realizadas, não modificando o projeto do sistema de refrigeração
EP3	Realizado por meio da experiência do projetista e da busca de informação na literatura, principalmente sobre novos materiais.

Tabela 4.21 – Procedimento adotado pelas empresas pesquisadas para o projeto do sistema de refrigeração (Continuação)

Empresa	Procedimento
EP4	Projetado por meio de informações obtidas na literatura existente e por procedimentos internos além das sugestões por parte do cliente e de experiências anteriores
EB1	Realizado por meio da experiência do projetista
EB2	
EB3	
EB4	

Como se pode observar, com exceção da EP2 as empresas pesquisadas realizam o projeto de refrigeração com base na experiência do projetista e muitas com normas internas, que não puderam ser descritas, devido a serem consideradas de estratégia para a empresa. Contudo, de modo geral, conclui-se que como o sistema de refrigeração é o responsável pelo maior tempo do ciclo de fabricação do componente injetado, estudos para a sua correta determinação se fazem necessários.

Na Tabela 4.22, apresentam-se os potenciais problemas na atividade de projeto, em que as alterações na geometria do componente injetado foi o principal problema relatado. Outro problema citado foi a falta de conhecimento técnico de moldes de injeção por parte do cliente.

Tabela 4.22 - Potenciais problemas relatados pelas empresas pesquisadas na fase de projeto de moldes de injeção

Empresa	Potenciais problemas
EP1	Alterações no componente injetado ao longo do desenvolvimento do molde e após o teste do molde, pois o componente injetado é testado funcionalmente pelo cliente, que em alguns casos resolve alterá-lo
EP2	Dificuldade por parte do setor de projeto em simplificar a forma do componente injetado para facilitar o processo de fabricação
EP3	Componentes injetados com geometria complexa e alterações em sua geometria ao longo do desenvolvimento do molde de injeção
EP4	O cliente pode enviar o desenho do componente injetado em CAD, utilizando um <i>software</i> diferente do usado pelo fabricante, gerando assim um serviço extra de redesenho da geometria. Em relação ao processo, há algumas indefinições por parte do cliente em relação à geometria do componente injetado e sua funcionalidade
EB1	Falta de informações, por parte do cliente, acerca do componente injetado, por não estar totalmente desenvolvido
EB2	Geometria final do componente injetado ainda não finalizada
EB3	Interação entre as pessoas, e a capacidade de gerenciar as idéias das pessoas para a busca de objetivos comuns
EB4	Carência de conhecimento, por parte dos projetistas, acerca do processo de fabricação do molde, gerando assim problemas, como, por exemplo, a utilização de mecanismos nos moldes que elevam os custos e necessitam de tempos maiores de fabricação

4.2.5 - Gerenciamento do desenvolvimento do molde

No assunto de gerenciamento do desenvolvimento do molde as questões pesquisadas abordaram de maneira geral: como é formada a equipe de projeto, como são distribuídas as atividades, como é realizado o gerenciamento, como é definido o escopo do projeto, como são realizados os controles dos custos, prazos e qualidade, qual o tempo médio de duração do desenvolvimento do molde, de que forma o tempo do projeto é reduzido, quem realiza a revisão do projeto, se há reuniões de projeto e quais os principais problemas relacionados ao gerenciamento do desenvolvimento do molde.

Neste setor, basicamente o projeto é realizado por uma pessoa e a fabricação por vários colaboradores. Nas empresas portuguesas as atividades são atribuídas para os colaboradores segundo o critério de complexidade do molde a ser realizado e a disponibilidade de recursos humanos. Procura-se atribuir projetos semelhantes ao mesmo projetista, para facilitar o desenvolvimento do projeto, baseando-se em soluções encontradas anteriormente.

Já nas empresas brasileiras, o critério para a atribuição da atividade é o de disponibilidade de acordo com o avanço do desenvolvimento do molde.

Em nenhuma das empresas pesquisadas há uma definição clara do escopo do projeto, apenas há uma busca no cumprimento do prazo, qualidade e custos definidos com o cliente.

As empresas relataram que o monitoramento do processo de desenvolvimento ocorre semanalmente por meio da verificação visual posterior atualização nos respectivos *softwares* utilizados para a realização do planejamento, já mencionados na Tabela 4.11.

O controle de custos é realizado por meio das informações contidas tanto nas fichas de trabalho individual dos colaboradores como nas ordens de serviço de produção. Já o controle de qualidade nas empresas é focado nas especificações dos componentes do molde, por exemplo, para cada componente do molde é verificado se as dimensões estão de acordo com o especificado no projeto, por meio de instrumentos de medição.

O tempo médio do ciclo completo, que compreende desde a contratação do serviço até o fornecimento do molde, varia de acordo com a complexidade do molde. Na Tabela 4.23 pode-se observar o tempo médio relatado para cada empresa pesquisada.

Nota-se que o tempo variou em cada empresa. Em nenhuma empresa brasileira pesquisada o desenvolvimento do molde foi estimado abaixo de 60 dias. Cabe observar também o tempo médio do ciclo da EB2, que se justifica pela complexidade do molde, pois conforme discutido anteriormente, esta empresa se dedica para moldes de elevada complexidade, como pára-choque de caminhão e painéis internos das portas dos carros.

Tabela 4.23 - Tempo médio de desenvolvimento dos moldes pelas empresas pesquisadas

Empresa	Tempo médio em dias
EP1	61 a 90
EP2	31 e 60
EP3	61 a 90
EP4	31 a 60
EB1	61 a 90
EB2	240 a 365
EB3	61 a 90
EB4	61 a 90

A responsabilidade da avaliação do andamento do projeto e as alternativas utilizadas para reduzir os tempos de projeto em cada empresa podem ser observadas na Tabela 4.24.

Tabela 4.24 – Avaliação do andamento do projeto e alternativas para compensar atrasos no tempo

Empresa	Responsável(is)	Alternativas
EP1	Equipe	Alteração no seqüenciamento das ordens de produção
EP2		Horas adicionais, e alteração nas ordens de fabricação
EP3	Colaborador da empresa específico	Horas adicionais
EP4		Horas adicionais ou contratação de serviços terceirizados
EB1		
EB2		
EB3		
EB4	Gerente	

Todas as empresas informaram que realizam reuniões de avaliações devidamente documentadas ao longo do desenvolvimento do projeto, com exceção da EB4.

Segundo as empresas pesquisadas, a transferência de informações entre cliente e o fabricante de moldes não é adequada, sendo confusa e com falta de informações.

Os potenciais problemas relacionados com o gerenciamento do projeto são os apresentados na Tabela 4.25.

O maior problema observado pelas empresas é que o componente injetado ainda está na fase de desenvolvimento quando o projeto do molde é iniciado, resultando em freqüentes alterações de projeto.

Outro ponto citado pela EP4 é a inexperiência dos clientes em moldes de injeção, ou seja, alguns detalhes da geometria do componente injetado poderiam ser considerados para melhorar a fabricabilidade do molde de injeção.

Tabela 4.25 - Potenciais problemas relacionados com o gerenciamento do projeto

Empresa	Potenciais problemas
EP1	Mudanças, por parte do cliente, na geometria do componente injetado.
EP2	
EP3	Aceleração das atividades do desenvolvimento do molde, pois o cliente não possui o componente injetado definido, contudo o prazo não se altera
EP4	Mudanças, por parte do cliente, na geometria do componente injetado e inexperiência em moldes de injeção
EB1	As informações do desenvolvimento do molde são coletadas visualmente pela identificação da localização dos componentes na fábrica, assim há um grande problema, pois a atualização constante de todos os componentes que estão sendo desenvolvidos não é realizada pelo elevado tempo da coleta das informações, prejudicando o gerenciamento
EB2	Componente injetado ainda não está finalizado pelo cliente
EB3	Falta de comprometimento dos colaboradores e erros de planejamento
EB4	Capacidade de produção menor que a planejada

4.2.6 - Fabricação e fornecimento do molde

Nesse assunto procurou-se conhecer: qual a ordem de seqüenciamento para a fabricação dos componentes do molde, se é realizado algum teste no molde antes de sua entrega, quais os principais problemas que ocorrem.

Em relação aos seqüenciamento das atividades de fabricação tem-se uma diferença entre as empresas portuguesas e brasileiras, conforme é apresentado na Tabela 4.26.

Em todas as empresas portuguesas há uma rotina-padrão de trabalho, em que certos componentes do molde são adquiridos de empresas terceirizadas, para que o tempo de fabricação seja reduzido. Com essa prática, as empresas concentram-se na fabricação das placas cavidades, que geralmente é complexa e necessita de máquinas especiais.

Tabela 4.26 – Seqüenciamento utilizado na fabricação dos componentes do molde

Empresa	Seqüenciamento
EP1	Primeiramente se realiza o projeto das placas cavidades, para então ser feita a solicitação da compra dos materiais necessários para a fabricação. Depois se projetam os outros componentes, sempre observando a utilização de componentes-padrões ¹¹ a fim de reduzir o tempo
EP2	
EP3	
EP4	
EB1	A fabricação do molde só inicia após todo o projeto concluído, em que as placas cavidades são os primeiros componentes na ordem de produção
EB2	A fabricação das placas cavidades inicia antes do término do projeto detalhado de todos os componentes do molde
EB3	A fabricação do molde só inicia após todo o projeto concluído, em que as placas cavidades são os primeiros componentes na ordem de produção
EB4	

¹¹ São componentes do moldes com dimensões definidas, podendo ser fornecidas por empresas terceirizadas.

Há, nas quatro empresas portuguesas, a rotina de realização de testes do molde antes do seu fornecimento para o cliente. Sendo estes testes caracterizados pela observação do funcionamento do molde na máquina injetora, verificando se todos os sistemas desenvolvidos estão funcionando corretamente, além da obtenção de amostras do componente injetado para a verificação dimensional interna e posterior e envio para o cliente.

A EB1 realiza três testes, sendo o primeiro sem a presença do cliente (verificando a funcionalidade do molde), o segundo com o cliente (para obtenção de amostras) e o terceiro teste na máquina do cliente (observando o funcionamento e determinando os parâmetros de processo). Nas outras empresas brasileiras, há realização de apenas um teste analisando a funcionalidade do molde e as dimensões do componente injetado.

Os potenciais problemas relatados na fase de fabricação são apresentados na Tabela 4.27.

Tabela 4.27 – Potenciais problemas na fabricação dos componentes do molde

Empresa	Potenciais problemas
EP1	Retrabalho devido a erros de projeto
EP2	
EP3	Problema devido a falta de detalhes no projeto (tolerâncias por exemplo)
EP4	Retrabalho devido a alteração no componente injetado pelo cliente
EB1	Retrabalho devido a alteração no componente injetado pelo cliente, demora na definição das máquinas que executarão a fabricação, erros de usinagem
EB2	Erros de usinagem e interpretação do projeto
EB3	Erros de usinagem, devido a falhas no projeto ou desatenção do colaborador
EB4	Sobrecarga de trabalho na montagem do molde

4.3 Considerações finais

Com base na pesquisa de campo realizada foi possível identificar várias características do setor, que complementaram a pesquisa exploratória efetuada e apresentada no Apêndice D.

Os resultados destas pesquisas serão utilizados para a elaboração do modelo de referência de desenvolvimento de moldes, que será apresentado e discutido no Capítulo 5. Na seqüência, serão realizadas as análises dos resultados da pesquisa.

Uma análise dos principais resultados obtidos é discutida a seguir, para cada uma dos cinco assuntos previamente definidos, como foco da investigação.

4.3.1 Considerações sobre as características gerais das empresas

A maioria das empresas é composta de no máximo 80 colaboradores, produzindo moldes de elevado valor agregado, principalmente para o setor automobilístico. Em decorrência dessa situação, o principal mercado a que se destinam os moldes em Portugal é o externo, e no

Brasil o interno.

Uma prática comum observada nas empresas portuguesas é a interação com órgãos de apoio ao desenvolvimento industrial, na forma de pesquisa de base tecnológica, gestão, formação e desenvolvimento de novos mercados. Esta prática não é constatada nas empresas brasileiras pesquisadas.

Os fabricantes de moldes em países como Portugal já se beneficiam de centros de pesquisa voltados para moldes de injeção, como o Centimfe, na cidade de Marinha Grande (Portugal).

Assim, é necessário conscientizar os empresários e os governantes brasileiros acerca dessa prática, pois, para se manter competitivo, é necessário investimento em centros como esses, que, além das pesquisas, capacitam a mão-de-obra para a atuação no projeto e na fabricação dos moldes de injeção.

A formação da grande maioria dos colaboradores de todas as empresas é de nível técnico. Apenas os que trabalham com *softwares* de CAD, mais especificamente nas empresas portuguesas, foi observado que os colaboradores possuem formação de nível superior, demonstrando a carência de mão-de-obra de nível superior nas empresas brasileiras.

A única exceção entre as brasileiras é a EB2, que possui em seu quadro funcional alguns colaboradores com graduação trabalhando com *softwares* de CAD. Contudo, são engenheiros formados em Portugal, que foram transferidos para o Brasil, em virtude da necessidade de pessoal qualificado. Cabe ressaltar que a matriz desta empresa é localizada na cidade de Marinha Grande (Portugal).

Assim, o modelo de referência deve conter atividades que estejam claramente especificadas e que com apoio para que sejam executadas rapidamente, para acompanhar a dinâmica do número de moldes desenvolvidos simultaneamente (dois a oito moldes, conforme o resultado da pesquisa).

Os *softwares* de CAD e CAM são utilizados nas empresas pesquisadas, mas a maioria não aproveita a potencialidade oferecida, por exemplo, os moldes poderiam ser parametrizados¹² e com isso diminuir o tempo de projeto.

Há também a possibilidade de se relacionar os projetos realizados em modelos sólidos (3D) com os desenhos 2D, que são encaminhados para a fabricação, pois as cotas e as tolerâncias necessárias já estão devidamente estabelecidas, diminuindo assim o tempo de projeto e possíveis erros atribuídos à falta de cotas e tolerâncias.

Os *softwares* de CAE também deveriam ser mais utilizados, pois, além de prever antecipadamente possíveis problemas que somente serão detectados quando dos testes do

¹² Um molde parametrizado significa que as dimensões estão relacionadas entre si, em que, se houver a alteração de uma cota, as outras baseadas em um parâmetro pré-estabelecido alteram-se automaticamente.

molde, pode reduzir o tempo do ciclo de injeção para a obtenção do componente injetado.

A pesquisa também demonstrou que todas as empresas possuem ISO 9000 e utilizam os *softwares* do MS-Office. A ISO 9000 pressupõe que os registros de qualidade sejam devidamente levantados, assim vários formulários são usados para tal fim. Com isso, a utilização de ferramentas específicas para suportar as atividades no modelo de referência na forma de formulários deverá apresentar um bom aproveitamento.

Em relação à limitação da mão-de-obra, a falta de conhecimento técnico e de experiência dos colaboradores foi o item em destaque, demonstrando a necessidade de cursos de formação intermediária e avançada na área.

Assim, entende-se que um modelo de referência para o desenvolvimento de moldes nesse setor será uma importante contribuição para sistematizar o conhecimento da empresa, mantendo-o organizado e registrado, auxiliando em futuros projetos, além dos futuros projetistas em seu processo de aprendizagem.

4.3.2 Considerações sobre a contratação da atividade de desenvolvimento do molde

Um grande número de consultas para o orçamento é realizado e o método de estimativa é utilizado por todas as empresas, em que o responsável atribui as horas e recursos necessários para o desenvolvimento do molde. Contudo a orçamentação muitas vezes não é a adequada, assim a proposição de uma ferramenta para o orçamento de moldes associado a método de custeio adequado deve ser realizada.

Outro problema observado na pesquisa é em relação à falta de maior conhecimento do cliente acerca do molde de injeção. Em muitos casos, pequenas considerações referentes à geometria do componente injetado resultam em um molde de menor complexidade e com isso custo menor de desenvolvimento.

Nesse sentido, uma prévia análise por parte do fabricante de moldes com o cliente em relação à geometria do componente injetado na fase de contratação trará benefícios para ambas as empresas.

4.3.3 Considerações sobre o planejamento do processo de desenvolvimento

O planejamento do desenvolvimento de moldes é realizado de forma não detalhada, ou seja, há previsões em relação ao fim do projeto e da fabricação, tendo a data de fornecimento do molde definida no contrato como meta. Observa-se que um melhor planejamento em relação ao tempo de desenvolvimento do molde poderia ser realizado. Com isso, acredita-se que possíveis problemas de atraso do desenvolvimento do molde seriam mais bem gerenciados.

Constatou-se na pesquisa que os processos de gerenciamento apresentados no capítulo 2 não são utilizados ou são especificados superficialmente. Assim, considera-se importante que o modelo de referência considere esses processos de gerenciamento, adaptando-os para a realidade do setor.

O modelo deve conter de forma estruturada os planos de gerência de escopo, tempo, custos, qualidade, recursos humanos, comunicação, riscos e aquisições, pois se observou que o controle dessas atividades é de grande importância para o adequado desenvolvimento das atividades.

4.3.4 Considerações sobre o projeto do molde

No que diz respeito ao projeto do molde, notou-se que este é realizado baseado em estimativas, principalmente o sistema de refrigeração, potencializando assim mais pesquisas na área.

Apesar dos avanços em algumas partes do projeto do molde, a metodologia de projeto ainda necessita de mais estudos, pois, como foi constatado na pesquisa, cada especialista realiza o projeto de uma forma, assim um modelo de referência para o desenvolvimento de moldes nesse setor representa uma importante contribuição, a fim de padronizar a seqüência de projeto e de auxiliar os novos projetistas em seu processo de aprendizado.

Os fluxogramas de trabalho (Figuras 4.1 a 4.8) que os fabricantes de moldes utilizam são semelhantes. Contudo, não se evidenciou a adoção de ferramentas de apoio ao projeto, havendo, portanto, necessidade de se elaborar tais ferramentas para o auxílio no processo de desenvolvimento de moldes.

Essas ferramentas de apoio podem ser constituídas de formulários com informações em relação ao projeto ou de listas de verificação para a aprovação do projeto.

A adoção pelos fabricantes de moldes de uma reunião com o cliente para a aprovação do projeto do molde representa uma boa prática, pois há troca de informações que auxiliam ambas as empresas.

4.3.5 Considerações sobre o gerenciamento do desenvolvimento do molde

O gerenciamento deve ser aprimorado, pois a prática no setor é a desenvolver vários projetos que ocorrem de forma simultânea.

O modelo deve propor também um método que melhore a transferência de informações entre as empresas, porque, como a pesquisa constatou, há falhas nesse processo.

Conforme constatado na pesquisa, várias empresas possuem *softwares* de gerenciamento de projetos, contudo não os utilizam plenamente. Assim, o modelo de referência poderá, por

meio da sistematização das atividades, prever formas para que esses recursos sejam mais usados. Sendo as atividades previamente conhecidas por toda a equipe que realizará o desenvolvimento do molde, ela saberá quais as atividades e quando deverá executá-las, ocorrendo dessa forma uma maior integração entre os setores da empresa.

Acredita-se que o correto gerenciamento das atividades que estão envolvidas no processo de desenvolvimento de moldes acarretará em um molde com maior qualidade, desenvolvido no tempo estipulado com o cliente e com os custos mais próximos dos previstos.

Portanto, é fundamental que os fabricantes de moldes se preocupem com o gerenciamento do desenvolvimento do molde de injeção, considerando os processos de gerenciamento descritos no PMBOK (2004), que segundo observações do autor durante a pesquisa de campo, as empresas apresentaram as seguintes deficiências:

- a) **gerenciamento do escopo:** dificuldade de estabelecer no projeto os principais trabalhos a serem realizados, com os seus respectivos prazos e custos, além de problemas decorrentes da não correta especificação do molde de injeção com o cliente;
- b) **gerenciamento do tempo:** falta de critérios e informações para a determinação dos tempos das atividades necessárias para o desenvolvimento do molde;
- c) **gerenciamento do custo:** problemas na determinação dos custos de desenvolvimento, pois a maioria dos orçamentos de moldes é realizada por estimativas, baseadas na experiência de alguns colaboradores, possibilitando possíveis erros e gerando resultados financeiros negativos para o fabricante de moldes. Outra dificuldade é em relação ao acompanhamento dos custos do molde de injeção ao longo de seu ciclo de desenvolvimento;
- d) **gerenciamento da qualidade:** erros provenientes da falta de ferramentas para a realização da garantia da qualidade, como, por exemplo, realização da fabricação de determinado componente do molde com a especificação errônea da solução;
- e) **gerenciamento de recursos humanos:** dúvidas quanto à formação da equipe que vai executar o molde, em virtude da falta de capacitação dos colaboradores ou de registros de participação em projetos anteriores;
- f) **gerenciamento das comunicações:** problemas no fluxo de informação entre os membros da equipe executora, durante o projeto;
- g) **gerenciamento dos riscos:** a grande maioria dos fabricantes de moldes não considera os riscos em relação ao processo de desenvolvimento e, conseqüentemente, não há planos de resposta caso alguma atividade ocorra de forma inadequada;
- h) **gerenciamento das aquisições:** falta de um planejamento prévio para a determinação

dos acessórios e dos equipamentos que deverão ser adquiridos para a execução do molde de injeção.

4.3.6 Considerações sobre a fabricação e fornecimento do molde

Há necessidade de se estabelecer quais os testes nos moldes que devem ser realizados, bem como o que deve ser observado.

Pode-se também se desenvolver algumas ferramentas de apoio durante o teste do molde, por exemplo, informações para a regulagem dos parâmetros de processo da máquina injetora quando se obtém componentes injetados com defeitos.

Com a pesquisa de campo realizada, evidenciaram-se os problemas potenciais do setor de desenvolvimento de moldes, que foram descritas neste capítulo.

No próximo capítulo realizar-se-á a apresentação do modelo de desenvolvimento integrado de moldes de injeção, detalhando as suas fases, atividades e ferramentas de apoio.

CAPÍTULO 5

MODELO DE REFERÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE MOLDES DE INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS

Neste capítulo será apresentado o modelo de referência para o desenvolvimento integrado de moldes de injeção de termoplásticos, objeto de desenvolvimento da tese. O modelo foi proposto com base na revisão de literatura apresentada nos Capítulos 2 e 3, na pesquisa de campo discutida no Capítulo 4 e na pesquisa exploratória (Apêndice D).

O modelo de referência deste trabalho é voltado para as fases iniciais do desenvolvimento de moldes, quando as empresas envolvidas no processo podem trabalhar em conjunto para definir as especificações, conceitos e a configuração do molde.

Conceitualmente, de acordo com a Figura 5.1, o modelo para o desenvolvimento integrado de moldes de injeção considera os processos de planejamento, projeto e fabricação. O planejamento do desenvolvimento do molde deve estar de acordo com o planejamento do desenvolvimento do componente injetado (1), prevendo-se por exemplo, os tempos necessários, custos e riscos envolvidos.

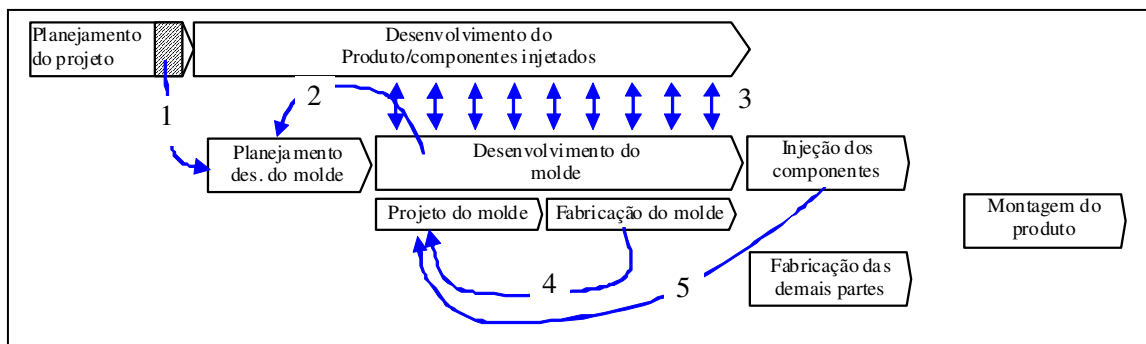


Figura 5.1 – Visão conceitual do desenvolvimento de moldes e principais relacionamentos

Para o planejamento, conforme o relacionamento (2), na Figura 5.1, devem-se considerar as atividades necessárias para o projeto e fabricação do molde como base para a definição da estrutura de desdobramento do trabalho, bem como definição de tempos, custos e recursos necessários.

O desenvolvimento do molde, relacionado ao desenvolvimento do componente injetado (3), deve levar em conta princípios de engenharia simultânea, seja na forma de equipes multidisciplinares, na forma da programação paralela de atividades, ou na forma de modelos computacionais reconhecidos pelos *softwares* das diferentes empresas envolvidas no processo.

Em particular, no projeto do molde, ainda conforme o relacionamento (4), há a necessidade de conhecimentos das restrições do processo de fabricação do molde, antecipando potenciais problemas, em função da geometria considerada. Por exemplo, se o componente injetado contiver uma geometria complexa e exigir bom acabamento superficial, deve-se avaliar a capacidade do processo para verificar o atendimento a esses requisitos com as soluções propostas.

Além dos requisitos de fabricação do molde, devem-se conhecer, no projeto do molde, quais são os requisitos relacionados aos parâmetros de injeção dos componentes, conforme o relacionamento (5). Por exemplo, a capacidade de injeção da máquina, bem como sua força de fechamento.

5.1 – Modelo de referência para o desenvolvimento integrado de moldes de injeção

Com base nos estudos realizados e apresentados nos capítulos anteriores, o modelo de referência que será apresentado e proposto aos fabricantes de moldes é composto das seguintes fases:

- 1) **Contratação do desenvolvimento do molde:** corresponde à fase para a elaboração do orçamento do molde de injeção, tendo em vista o contato do cliente, o qual pode ser a empresa de desenvolvimento do componente injetado ou a empresa de transformação;
- 2) **Planejamento do processo de desenvolvimento do molde:** trata-se da fase que envolve a realização dos planos para que o processo de desenvolvimento do molde seja executado conforme as necessidades do cliente e da empresa fabricante de moldes;
- 3) **Projeto do molde:** fase em que ocorre o projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado do molde;
- 4) **Fabricação do molde:** envolve a realização da fabricação dos componentes do molde e sua montagem, além da execução de tratamentos térmicos e superficiais;
- 5) **Certificação do molde:** trata-se da fase para a verificação da funcionalidade do molde e das dimensões do componente injetado obtido.

A Figura 5.2 representa uma síntese das fases do modelo de referência para o desenvolvimento integrado de moldes de injeção, com as atividades que serão executadas, além dos mecanismos e controles propostos.

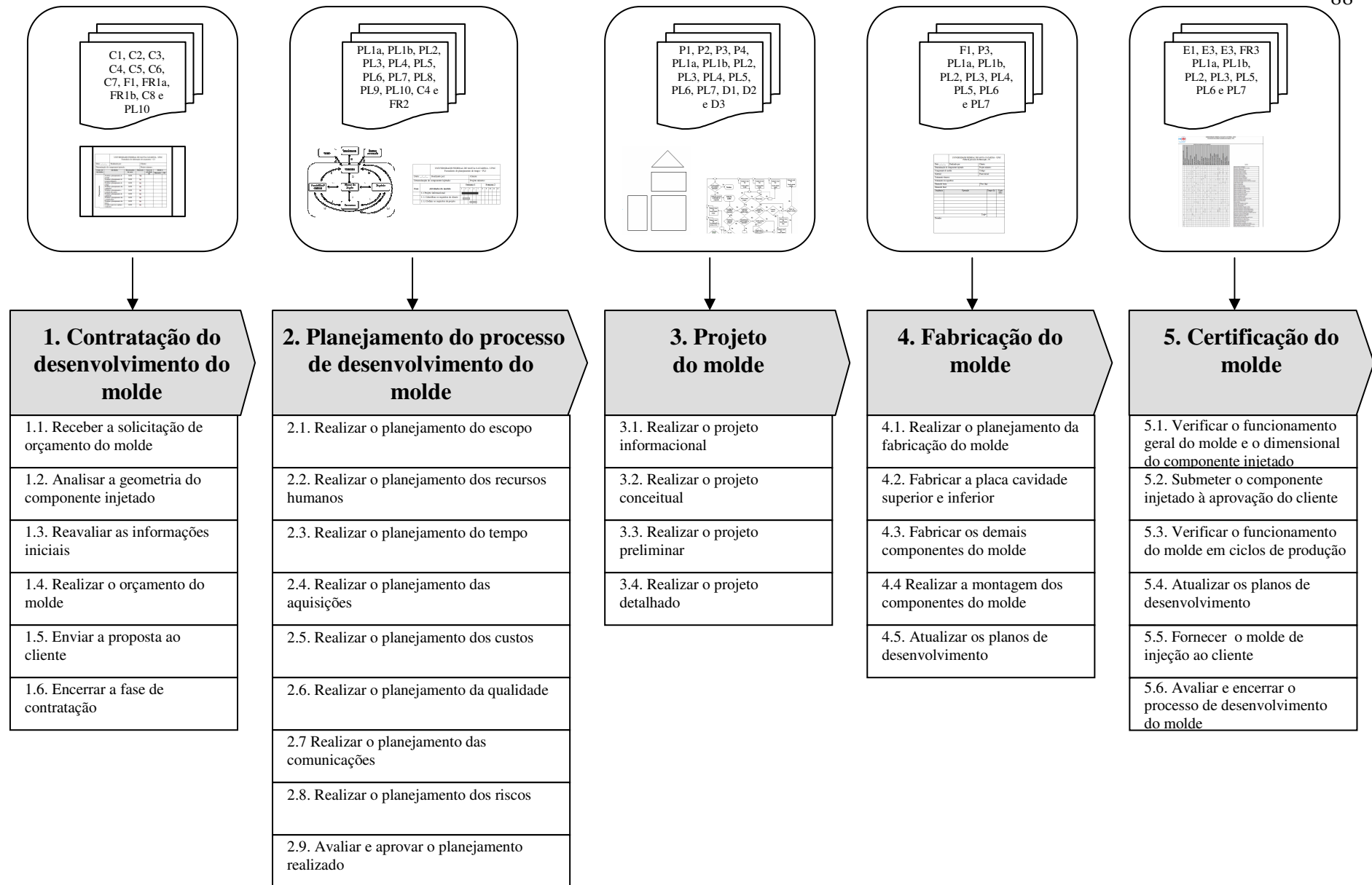


Figura 5.2 – Síntese do modelo de referência do desenvolvimento integrado de moldes de injeção de termoplásticos

O modelo, que é apresentado em detalhes na sequência, é do tipo prescritivo, ou seja, estabelece de forma estruturada as atividades para o desenvolvimento do molde de injeção (o que fazer) e os métodos e as ferramentas para a execução das atividades (como fazer) e utiliza os princípios e conhecimentos de metodologias de projetos, gerenciamento de projetos e de engenharia simultânea.

Diferencia-se de outros modelos de referência por integrar atividades e mecanismos gerenciais e técnicos para orientar a realização do desenvolvimento de moldes de injeção, especificando em detalhes a natureza das informações necessárias, estruturando de forma detalhada o processo na empresa, visando à obtenção de moldes de qualidade, baixo custo num menor tempo, além de auxiliar na capacitação de profissionais do setor. Procura também apresentar as melhores práticas no desenvolvimento de moldes de injeção e especificar os conhecimentos e as informações necessárias a esse processo.

5.2 - Fase 1: Contratação do desenvolvimento do molde

Do ponto de vista do fabricante de moldes, a primeira fase do processo de desenvolvimento envolve a definição da proposta para o cliente, denominada aqui de contratação do desenvolvimento do molde, cujo resultado principal é o contrato do desenvolvimento do molde de injeção.

A proposição de tal fase, como primeira, diferentemente de modelos tradicionais que envolvem o planejamento e a definição dos requisitos de projeto, deve-se à característica desse ramo industrial, em que as empresas que desenvolvem produtos com componentes injetados consultam vários fabricantes de moldes para a obtenção do custo do molde de injeção e prazo de entrega.

Uma das dificuldades do setor de fabricação de moldes é a falta de informações estruturadas no início do processo para apoiar a decisão quanto ao desenvolvimento do molde e para fornecer um orçamento preciso. Em geral, as informações são insuficientes. Em parte, por razões de sigilo com relação aos concorrentes. Noutra forma, porque o componente não está finalizado e, ainda, porque não há um modelo apropriado para organizar e registrar essas informações.

As empresas fabricantes de molde executam a atividade inicial de diferentes maneiras, e muitas delas confiam unicamente na experiência dos profissionais. Isso dificulta o processo de definição do orçamento do molde e do planejamento de seu desenvolvimento, podendo resultar na perda do negócio, prejuízo financeiro ou retrabalho durante o desenvolvimento do molde.

Outro problema típico na fase inicial do desenvolvimento do molde é a dificuldade que os fabricantes de moldes têm na proposição de alterações em relação à geometria original do componente, ou seja, de melhorias (do ponto de vista do projeto do molde) que poderiam resultar em redução de custos de desenvolvimento ou de manutenção no molde.

Diante desses aspectos, propõe-se a fase inicial de contratação do desenvolvimento do molde com a prescrição de atividades para melhor entender o problema de projeto e melhor orientar a definição do orçamento do molde, de modo que o negócio possa ser estabelecido e seja benéfico para as partes envolvidas. Nessa fase, como entrada inicial, tem-se o contato de solicitação do orçamento com a empresa que deseja o molde (cliente). Como saída, caso aceito, tem-se o contrato para o processo de desenvolvimento do molde, com a especificação do prazo e custo de desenvolvimento como principais informações.

Na Figura 5.3 é apresentada uma síntese da fase 1, com a especificação das entradas, atividades, controles, mecanismos e as saídas da fase. As atividades a serem realizadas são: receber a solicitação de orçamento do molde, analisar a geometria do componente injetado, reavaliar as informações iniciais, realizar o orçamento do molde, enviar a proposta ao cliente e encerrar a fase de contratação.

5.2.1 - Atividade 1.1: Receber a solicitação de orçamento do molde

Essa atividade consiste em formalizar a consulta do cliente para a realização do orçamento do molde. O formulário de informações para o orçamento – denominado de C1 (Figura 5.4) – é proposto para tal finalidade e é elaborado com base nas informações obtidas da pesquisa de campo.

O formulário C1 deverá ser enviado para que o cliente o preencha ou poderá ser respondido com o auxílio do próprio fabricante de moldes, por contato telefônico ou outro meio de comunicação.

As informações para o preenchimento do formulário C1 pressupõem conhecimento prévio sobre componentes injetados, moldes e processo de injeção, que são importantes para a definição correta do orçamento do molde. Caso essas informações não sejam conhecidas ou não estejam disponíveis num primeiro momento, o fabricante do molde, por meio de seu corpo técnico, auxiliará o cliente nessa especificação.

Fase 1. Contratação do desenvolvimento do molde				
Entradas	Atividades	Controles	Mecanismos	Saídas
Contato inicial e solicitação do orçamento	1.1. Receber a solicitação do orçamento do molde	C7, C8	C1	Informações para a realização da análise da geometria do componente injetado
Informações para a realização da análise da geometria do componente injetado	1.2. Analisar a geometria do componente injetado		C2	Recomendações de alterações da geometria do componente
Recomendações de alterações da geometria do componente	1.3. Reavaliar as informações iniciais		C1	Informações iniciais reavaliadas
Informações validadas pelo cliente para a realização do orçamento	1.4. Realizar o orçamento do molde		C3, C4, F1, FR1a, FR1b e PL10	Orçamento do molde com a definição do custo, prazo, materiais, tratamento térmico e superficial, serviços de terceiros e acessórios que serão utilizados no molde
Orçamento do molde	1.5. Enviar a proposta ao cliente		C5	Proposta enviada
Resposta do cliente	1.6. Encerrar a fase de contratação		C1, C6	Contrato do desenvolvimento do molde e as informações necessárias para o processo de planejamento, caso o cliente solicite o serviço
LEGENDA				
C1 – Formulário de informações para o orçamento C2 – Formulário para orientar a análise da geometria do componente injetado C3 – Formulário de elaboração do orçamento C4 – Formulário de resumos de projetos realizados C5 – Formulário de proposta do orçamento C6 – Contrato do desenvolvimento do molde C7 – Formulário de controle da fase de contratação C8 – Formulário gerencial de controle dos direcionadores de custo		PL10 – Formulário gerencial de controle geral dos recursos da empresa F1 – Formulário do processo de fabricação FR1a – Ferramenta de suporte na escolha de materiais e tratamentos dos componentes do molde FR1b – Ferramenta de suporte na escolha de materiais e dos tratamentos nas placas cavidades do molde		

Figura 5.3 – Síntese da fase 1: contratação do desenvolvimento do molde com as entradas, atividades, controles, mecanismos e saídas

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Formulário de informações para o orçamento – C1		
Data: __/__/__	Realizado por:	Cliente:
Denominação do componente injetado:		Orçamento número:
1- DADOS GERAIS		
1.1	A Forma geométrica do componente injetado está disponível em: CAD 3D () CAD 2D () Papel () Protótipo físico ()	
1.3	Qual será o número de cavidade do molde?	
1.4	Qual o ciclo anual de injeção previsto e por quantos anos?	
1.5	Deseja análise reológica – (simulação do processo de injeção)?	
1.6	Em qual região o componente poderá possuir marcas? (Devido a extração, ponto de injeção, linha de fechamento ou de solda)?	
1.7	Há alguma norma técnica específica referente ao componente injetado que deverá ser considerada no molde de injeção?	
2- MATERIAL POLIMÉRICO		
2.1	Qual o material polimérico a ser utilizado?	
2.2	Qual será o acabamento superficial do componente?	
2.3	Haverá necessidade de texturas?	
3- MÁQUINA INJETORA		
Já possui a máquina injetora para a qual será destinado o molde? Qual o modelo?		
4- ACESSÓRIOS		
Conhece o acessório denominado de câmara quente? Caso afirmativo o molde deverá possuir? OBS: Caso o cliente não conheça, enviar material orientativo de câmara quente.		
5- MATERIAL E TRATAMENTO TÉRMICO DO MOLDE		
5.1	Deseja especificar os materiais e os tratamentos térmicos e de superfície das cavidades? Quais?	
5.2	Deseja especificar os materiais e os tratamentos térmicos e de superfície dos demais componentes? Quais?	
6- OBSERVAÇÕES		
Demais observações em relação a solicitação		
OBS: Os itens seguintes serão preenchidos pelo fabricante de moldes.		
7- REAVALIAÇÃO		
Foi realizada a reavaliação nas informações iniciais? Há modificações? Quais?		
8- APROVAÇÃO		
O orçamento do molde foi aprovado? Caso não seja aprovado, qual a razão?		

Figura 5.4 – Formulário de informações para o orçamento – C1

De acordo com o formulário C1, além das informações gerais sobre a empresa contratante e do objeto de desenvolvimento, constam informações específicas que serão úteis para a elaboração do orçamento do molde.

O item 1 do formulário trata de dados gerais. Nele consta a solicitação sobre como será a forma de apresentação do componente injetado (desenho ou em modelo físico). Essa informação é útil para a composição do custo do molde, pois, caso não haja o desenho em

CAD, será necessária a inclusão no orçamento de horas de desenho em CAD do componente injetado.

A informação sobre o número de cavidades do molde é importante, pois tem influência nas dimensões do molde e, conseqüentemente, em seu custo. O cliente, baseado em sua capacidade produtiva ou em características técnicas de sua máquina injetora, deverá informar qual é o número de cavidades desejado. Caso o cliente desconheça o método de determinação dessa informação, será enviado o material que orienta como se determina o número de cavidades do molde de injeção (esse material pode ser visualizado no Apêndice F).

A previsão do ciclo de injeção anual e a informação de por quantos anos será utilizado o molde são importantes para a determinação do material e dos tratamentos térmicos e superficiais do molde, e isso influenciará nos custos do molde.

Para ciclos de produção elevados, tem-se a especificação de determinados materiais e tratamentos térmicos e superficiais que resultarão em maior resistência do molde. Para poucos ciclos de produção especificam-se outros materiais e tratamentos térmicos e superficiais com custo menor, possibilitando melhor relação entre custo e benefício para o cliente.

A análise reológica do componente injetado é realizada utilizando-se aplicativos de CAE, como, por exemplo, Moldflow, Moldex 3D, Moldcae, Planets Mold Studion 3D e 3D-Sigma (SACHELLI *et al.*, 2006). Essa atividade pode ser uma solicitação do cliente para melhor especificar os parâmetros iniciais de transformação, por exemplo: a velocidade, a pressão, o tempo e a temperatura de injeção. Caso o fabricante de moldes não tenha esse recurso disponível, poderá oferecê-lo por meio de empresas terceirizadas especializadas.

Outra informação relevante na fase de contratação é sobre as marcas resultantes do processo de transformação no componente injetado, que influenciarão diretamente na escolha do conceito e no custo do molde de injeção. Por exemplo, caso o componente injetado não deva possuir marcas dos pinos extratores do molde em nenhuma região da superfície, a extração poderá ser realizada por uma placa especialmente fabricada para tal finalidade, tornando o custo do molde maior.

Normas específicas para certos componentes injetados também devem ser conhecidas. Por exemplo, componentes que serão utilizados em embalagens médicas não podem possuir o sistema de refrigeração a óleo, para evitar contaminação, além de ser necessário utilizar para as placas cavidades o aço SAE 420 (aço inoxidável).

O item 2 do formulário trata de informações sobre o material do componente injetado, que influenciará na escolha do material do molde e seu tratamento térmico e de superfície impactando diretamente nos custos. Existe uma variedade de tratamentos térmicos e superficiais que podem ser usados nos moldes de injeção, como os tratamentos superficiais de

nitretação e PVD (*Physical Vapour Deposition*). No Apêndice G, encontra-se uma relação e as definições de alguns tratamentos aplicados aos componentes do molde de injeção.

Se o material for o ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), em ciclos elevados de produção (maior que 500.000 ciclos), por exemplo, necessita-se que o material das placas cavidades seja de aço mais resistente, como o da classe P20, com o tratamento térmico de têmpera e de tratamento de superfície de nitretação.

Já para o material PET (Polietileno Tereftalato), em baixos ciclos de produção (até 30.000 ciclos), o material das placas cavidades pode ser o aço ABNT 1020, sem tratamento térmico e com tratamento de superfície de nitrocarbonetação.

Outra informação importante que deve ser especificada é sobre o acabamento do componente injetado e a necessidade de possíveis texturas. Ambos influenciam nos custos, pois, em geral, os processos que proporcionam essas características são realizados por empresas terceirizadas especializadas, o que implica incorporação dos custos ao desenvolvimento do molde e consideração dos prazos necessários para a realização dos serviços.

O item 3 do formulário refere-se à máquina injetora, e a sua especificação é importante para a etapa de análise da geometria do componente, pois o fabricante de molde verificará se a máquina em questão será capaz de atender às especificações do processo de transformação do componente, considerando-se neste caso informações do processo já na fase de contratação.

Por exemplo, se a máquina especificada possuir capacidade máxima de injeção de 300 gramas de material polimérico, a soma da massa do componente injetado e dos canais de alimentação não poderá ultrapassar esse valor. Com tal informação, é possível evitar inconvenientes como retrabalhos no molde de injeção, o que acarretará a elevação dos custos de desenvolvimento para o cliente ou até mesmo a necessidade de aquisição de uma nova máquina injetora para que o componente injetado possa ser obtido.

Conhecer as características técnicas da máquina injetora também é importante para a especificação das dimensões máximas do molde de injeção e do curso de abertura do molde.

No formulário C1, o item 4 aborda a questão dos acessórios do molde de injeção. O conhecimento da utilização ou não de acessórios, como a câmara quente ou bico quente, é fundamental para a realização do orçamento, pois alguns itens adquiridos de outras empresas e muitas vezes importados influenciam diretamente o tempo de desenvolvimento.

Se necessário, sobre esse item, sugere-se ao cliente o envio do material de orientação dos princípios de utilização da câmara quente, apresentado no Apêndice H.

O item 5 do formulário C1 diz respeito aos materiais e tratamentos térmicos e de superfície do molde. Esse tipo de especificação impacta diretamente no orçamento do molde, bem como na realização do plano de aquisição de materiais.

Como os tratamentos térmicos e de superfície são realizados por empresas terceirizadas, os tipos de tratamentos desejados pelo cliente (caso este tenha uma especificação de tratamento próprio) deverão ser informados. Caso não possua, será utilizado o tratamento térmico padrão nos componentes do molde: para a coluna-guia principal o tratamento de cementação e têmpera; e para o anel de centragem o tratamento de revenido duplo (HARADA, 2004 e CENTIMFE, 2003).

Para as placas cavidades deverá ser avaliado o material polimérico do componente e o número de ciclos desejado para a vida útil do molde, cuja especificação será discutida posteriormente.

Se o componente injetado possuir algum outro tipo de particularidade, será usado o item de número 6 do formulário C1 para eventuais observações.

O item 7 do formulário C1 será utilizado na **atividade 1.3**, e o item 8, na **atividade 1.6**, que serão detalhados posteriormente.

5.2.2 - Atividade 1.2: Analisar a geometria do componente injetado

Essa atividade é realizada para sugerir possíveis alterações na geometria do componente, visando menores custos de fabricação e maior vida útil do molde, pois, conforme apresentado na pesquisa de campo, um dos problemas identificados é a falta de conhecimento técnico do cliente em relação ao molde de injeção.

Para apoiar a realização dessa atividade propõe-se o formulário para orientar a análise da geometria do componente injetado – C2 (Figura 5.5), que contém uma lista de verificação com um conjunto de questões estruturadas para orientar a análise da geometria do componente injetado. As questões propostas são baseadas nas considerações de Malloy (1994) e referem-se aos seguintes itens:

- a) **ângulo de saída:** a previsão dos ângulos de saída é importante porque visa facilitar a extração do componente injetado da cavidade do molde;
- b) **ângulos retos:** os ângulos retos devem ser evitados, pois nesse caso o processo de fabricação deverá ser efetuado por eletroerosão, que é mais oneroso e demorado em relação à fabricação feita em um centro de usinagem onde as arestas podem ser obtidas de forma arredondada. Além disso, o processo por eletroerosão promove concentração de tensões;

- c) **espessuras constantes:** no processo de injeção é importante que a espessura das paredes do componente seja constante para proporcionar o preenchimento uniforme do material polimérico. Com a espessura constante, a perda de calor é uniforme e fundamental para evitar possíveis problemas de fabricação, como o empenamento;
- d) **redução de massa:** em certas regiões do componente injetado, a redução de massa é desejada com o propósito de obter menor massa total e, conseqüentemente, menor capacidade de injeção da máquina injetora. Além disso, contribui diretamente para a economia de material polimérico e reduz o tempo no ciclo de injeção;
- e) **eliminação/redução de gavetas:** de acordo com a geometria do componente injetado, pode ser necessário a utilização de elementos móveis denominados de gavetas, que além de elevar o custo do molde exigirá maiores cuidados na manutenção durante a sua vida útil;
- f) **dimensões maiores:** maiores dimensões para o molde são recomendadas, caso o cliente deseje aumentar a produção do componente injetado. Deve-se avaliar, também, se a máquina injetora possui capacidade de injeção e força de fechamento para moldes maiores.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC Formulário para orientar a análise da geometria do componente injetado – C2		
Data: __/__/__	Realizado por:	Cliente:
Denominação do componente injetado:		Orçamento número:
QUESTÕES ORIENTATIVAS		
1. Há previsão de ângulos de saída?		
2. Há arestas em ângulo reto? Pode-se arredonda-las?		
3. As espessuras são constantes ao longo da geometria do componente injetado? Caso negativo, não poderiam ser?		
4. Nas regiões de grande concentração de massa, não há possibilidade de se realizar uma redução na massa?		
5. Devido a geometria do componente injetado, o molde necessitará de gaveta? Há como alterar a geometria?		
6. Podem-se sugerir dimensões maiores no molde para possíveis aumentos da produção?		
Recomendações:		

Figura 5.5 - Formulário para orientar a análise da geometria do componente injetado – C2

Na atividade de análise da geometria o que for observado no desenho ou no protótipo do componente será registrado, em seguida recomendar-se-ão para o cliente possíveis alterações.

5.2.3 - Atividade 1.3: Reavaliar as informações iniciais

Tem por objetivo registrar possíveis alterações nas informações iniciais após a atividade de análise da geometria do componente.

Nessa atividade são discutidas as recomendações da atividade anterior (1.2) com o cliente, que poderá aceitá-las ou não. Após a decisão do cliente, as informações da atividade 1.1 são reavaliadas. Os resultados dessa atividade são formalizados no formulário C1, no item 7 da Figura 5.4.

5.2.4 – Atividade 1.4: Realizar o orçamento do molde

Consiste na realização do orçamento do molde, após a validação das informações iniciais, tendo como base o método ABC apresentado no Capítulo 3.

A escolha de tal método se deve ao fato de que todas as atividades diretas necessárias para o desenvolvimento do molde e as indiretas são relacionadas com os respectivos custos. Com isso, tem-se o valor do custo de desenvolvimento de cada molde, além de se controlar de maneira mais eficiente os custos envolvidos.

Também pelo método ABC é identificado quais são as atividades que precisam ser melhoradas em relação aos custos envolvidos. Outra vantagem é em relação à atualização mais rápida dos custos envolvidos no processo de desenvolvimento.

Segundo os trabalhos de Brimson (1996), Pamplona (1997), Kaplan e Cooper (1998) e Duran (2004), para a implantação do sistema de custeio baseado em atividades, é necessário:

- a) identificar e descrever as atividades de produção e de suporte da empresa;
- b) definir os direcionadores de custos;
- c) determinar os custos das atividades;
- d) determinar os custos por produtos.

Para a **identificação das atividades** deverão ser consideradas as atividades diretas e indiretas da empresa.

As **atividades diretas** são as descritas no modelo de referência de desenvolvimento integrado de moldes com as fases de planejamento, projeto, fabricação e certificação. A fase de contratação será considerada como atividade indireta, pois são realizados vários orçamentos que não se concretizam em solicitações de desenvolvimento.

Segundo Padoveze (2006), as demais **atividades indiretas** no processo de desenvolvimento são:

- a) pagamento de telefone, jornais, revistas, livros, água, luz, correios, fotocópias, recepções e festividades, donativos, seguro de bens móveis e imóveis, alugueis, viagens e estadias não ligadas ao desenvolvimento do molde;
- b) compra de materiais para manutenção de equipamentos e do imóvel;
- c) compra de materiais consumidos para utilização dos equipamentos (combustíveis, lubrificantes, entre outros);
- d) compra de materiais consumidos para auxílio às operações dos equipamentos (dispositivos entre outros);
- e) compra de materiais de expediente (papéis etc.), de higiene e limpeza;
- f) custos relacionados ao pagamento de mão-de-obra indireta como gerentes, secretárias, administradores, compradores, faxineiros, entre outros;
- g) depreciações do prédio, da instalação, da máquina e dos equipamentos de utilização genérica, dos móveis e utensílios dos setores de apoio à fabricação, dos veículos e equipamentos de transporte.

Serão propostos neste trabalho os seguintes **direcionadores de custo**: mão-de-obra direta, mão-de-obra indireta, máquinas, *setup* de operação, movimentação de materiais, energia elétrica direta, ferramentas, materiais diretos e acessórios, serviços de terceiros, depreciação e despesas administrativas fixas.

Para a **determinação dos custos das atividades**, deverão ser quantificados os tempos e os custos necessários para a sua realização, bem como os materiais e demais acessórios do molde.

Determinados os custos das atividades e os direcionadores de custos vinculados, ocorre a determinação dos custos por produtos, que nesse caso será o molde de injeção.

Para que ocorra um melhor aproveitamento do método e do processo de desenvolvimento do molde, sugere-se neste modelo de referência adotar a prática de moldes-padrão, que consiste em trabalhar com moldes de dimensões pré-definidas, ou seja, o fabricante de moldes terá uma série de moldes com os desenhos, etapas de processo e, conseqüentemente, os custos já definidos, realizando assim a adequação do molde ao componente injetado.

Na adequação do molde ao componente injetado, as placas cavidades terão seus tempos estimados, pois cada molde é produzido para componentes injetados diferentes. Para realizar essa estimativa, sugere-se ter como base os moldes já realizados pelo fabricante de moldes.

A prática de moldes-padrão pode ser adotada pelos fabricantes de molde, pois na pesquisa de campo realizada foi observado que um fabricante de moldes em Portugal tem como prática a utilização do sistema de refrigeração modular para os moldes que desenvolve, ou seja, para geometria do componente injetado semelhantes, o sistema de refrigeração é o mesmo,

revertendo em vários benefícios, tais como menor tempo de projeto e de fabricação, além dos custos já serem pré-determinados.

Há, também, no mercado empresas como a Polimolde e Hasco que são especialistas na venda dos chamados porta-moldes, que são moldes com dimensões-padrão, comprovando que também o fabricante de moldes pode adotar moldes com dimensões já estabelecidas.

Para realizar a **determinação dos custos por molde** por meio do método ABC, com base nos elementos levantados anteriormente, propõe-se os seguintes mecanismos: formulário de elaboração do orçamento – C3; formulário do processo de fabricação – F1, em que serão obtidos os tempos e custos de fabricação dos componentes do molde, e o formulário resumo de projetos realizados – C4.

O formulário C3 é composto de duas partes. Na primeira (Figura 5.6), há informações para identificação do projeto, do desenho do componente injetado, para apresentar o esboço do molde, das especificações dos tipos de sistemas que serão utilizados no molde de injeção e o prazo de desenvolvimento do molde, que deverá ser determinado.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC Formulário de elaboração de orçamento – C3 – parte 1		
Data: __/__/__	Realizado por:	Cliente:
Denominação do componente injetado:		Orçamento número:
Desenho do componente injetado:		
Esboço do molde de injeção com a identificação geral de seus sistemas:		
Observações:		
Tipo do molde:	<input type="checkbox"/> 2 placas	<input type="checkbox"/> 3 placas
	<input type="checkbox"/> <i>stack molds</i>	<input type="checkbox"/> partes móveis
		<input type="checkbox"/> canal quente
Sistema de alimentação:	<input type="checkbox"/> canal frio	<input type="checkbox"/> núcleo rotativo
Sistema de extração:	<input type="checkbox"/> placa impulsora	<input type="checkbox"/> placa extratora
Sistema de refrigeração:	<input type="checkbox"/> circular	<input type="checkbox"/> especial
Sistema de saída de gases:	<input type="checkbox"/> componentes do molde	<input type="checkbox"/> microporos

Figura 5.6 – Formulário de elaboração do orçamento C3 – parte 1

Com as informações dos formulários C1 e C2, o responsável pelo orçamento (que deverá possuir experiência em projeto e fabricação de moldes) poderá realizar o esboço do molde, que deverá ser registrado no formulário C3. Essa tarefa é importante e ajuda na definição do

tipo do molde de injeção necessário e da configuração geral dos sistemas de alimentação, refrigeração, extração e saída de gases.

Nesse momento, as definições serão feitas de maneira geral. Por exemplo, o sistema de extração será composto por uma placa impulsora ou por uma placa de extração. Na fase 3 do modelo de referência, a de projeto do molde, são propostas atividades para definir em detalhes o tipo da placa impulsora que será utilizada e sua localização.

A segunda parte do formulário C3 (Figura 5.7) consiste em uma estrutura de atividades para o levantamento dos custos do projeto, as quais foram especificadas conforme o modelo de referência proposto de acordo com a Figura 5.1.

As atividades para as quais serão levantados os custos são estruturadas por centro de atividades: planejamento, projeto, fabricação, certificação do molde e de custos indiretos. A cada atividade são associados os direcionadores de custos e a correspondente dimensão. Com base nessa estrutura, calculam-se o custo de cada atividade e, ao final, o custo total para o desenvolvimento do molde de injeção.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC Formulário de elaboração do orçamento – C3 - parte 2						
Data: __/__/__		Realizado por:		Cliente:		
Denominação do componente injetado:				Orçamento número:		
Centro de Atividades	Atividades	Direcionador de custo	Dimensão	Custo da atividade R\$	Molde A	
					Dimensão	R\$
Planejamento	Realizar o planejamento do escopo	MOD ¹³	hh ¹⁴			
	Realizar o planejamento dos recursos humanos	MOD	hh			
	Realizar o planejamento do tempo	MOD	hh			
	Realizar o planejamento das aquisições	MOD	hh			
	Realizar o planejamento dos custos	MOD	hh			
	Realizar o planejamento da qualidade	MOD	hh			
	Realizar o planejamento das comunicações	MOD	hh			
	Realizar o planejamento dos riscos	MOD	hh			
	Avaliar e aprovar o planejamento realizado	MOD	hh			

Figura 5.7 – Formulário de elaboração do orçamento C3 – parte 2 – relação das atividades e seus direcionadores de custo (Continua)

¹³ MOD: Mão-de-obra direta.

¹⁴ hh: hora/homem.

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC Formulário de elaboração do orçamento – C3 - parte 2				
Data: __/__/__		Realizado por:		Cliente:		
Denominação do componente injetado:				Orçamento número:		
Centro de Atividades	Atividades	Direcionador de custo	Dimensão	Custo da atividade R\$	Molde A	
					Dimensão	R\$
Projeto	Projeto informacional					
	Identificar os requisitos do cliente	MOD	hh			
	Definir os requisitos de projeto	MOD	hh			
	Analisar os projetos similares realizados	MOD	hh			
	Estabelecer as especificações de projeto	MOD	hh			
	Avaliar e aprovar o projeto informacional	MOD	hh			
	Atualizar o plano de desenvolvimento	MOD	hh			
	Projeto conceitual					
	Consolidar o conceito do molde	MOD Máquina	hh hm ¹⁵			
	Avaliar e aprovar o conceito do molde	MOD	hh			
	Atualizar os planos de desenvolvimento	MOD	hh			
	Projeto preliminar					
	Projetar a placa cavidade superior e inferior	MOD Máquina	hh hm			
	Projetar o sistema de alimentação	MOD Máquina	hh hm			
	Projetar o sistema de refrigeração	MOD Máquina	hh hm			
	Projetar o sistema de extração	MOD Máquina	hh hm			
	Projetar o sistema de saída de gases	MOD Máquina	hh hm			
	Avaliar e aprovar o projeto preliminar internamente	MOD	hh			
	Aprovar o projeto preliminar perante o cliente	MOD Viagem	hh quantidade			
	Atualizar os planos de desenvolvimento	MOD	hh			
	Projeto detalhado					
	Detalhar a placa cavidade superior e inferior	MOD Máquina	hh hm			
	Detalhar os demais componentes	MOD Máquina	hh hm			

Figura 5.7 – Formulário de elaboração do orçamento C3 – parte 2 – relação das atividades e seus direcionadores de custo (Continuação)

¹⁵ hm: hora/máquina.

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC Formulário de elaboração do orçamento – C3 - parte 2				
Data: __/__/__		Realizado por:		Cliente:		
Denominação do componente injetado:				Orçamento número:		
Centro de Atividades	Atividades	Direcionador de custo	Dimensão	Custo da atividade R\$	Molde A	
					Dimensão	R\$
Projeto	Avaliar e aprovar o projeto detalhado e autorizar a fabricação dos componentes do molde	MOD	hh			
	Atualizar os planos de desenvolvimento	MOD	hh			
Fabricação	Realizar o planejamento da fabricação do molde	MOD	hh			
	Fabricar a placa cavidade superior e inferior	MOD Máquina Energia Ferramentas Movimentação Setup SET ¹⁶	hh hm kw unidades metros horas R\$			
	Fabricar os demais componentes do molde	MOD Máquina Energia Ferramentas Movimentação Setup SET	hh hm kw unidades metros horas R\$			
	Realizar a montagem dos componentes do molde	MOD	hh			
	Atualizar os planos de desenvolvimento	MOD	hh			
	Verificar o funcionamento geral do molde e o dimensional do componente injetado	MOD Movimentação Máquina	hh metros hm			
Certificação	Submeter o componente injetado à aprovação do cliente	MOD Transporte	hh R\$			
	Verificar o funcionamento do molde em ciclos de produção	MOD Máquina	hh hm			
	Atualizar os planos de desenvolvimento	MOD	hh			
	Fornecer o molde de injeção ao cliente	MOD	hh			
	Avaliar e encerrar o processo de desenvolvimento do molde	MOD	hh			

Figura 5.7 – Formulário de elaboração do orçamento C3 – parte 2 – relação das atividades e seus direcionadores de custo (Continuação)

¹⁶ SET: Serviço de empresas terceirizadas.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC Formulário de elaboração do orçamento – C3 - parte 2						
Data: __/__/__		Realizado por:			Cliente:	
Denominação do componente injetado:				Orçamento número:		
Centro de Atividades	Atividades	Direcionador de custo	Dimensão	Custo da atividade R\$	Molde A	
					Dimensão	R\$
Custos indiretos	Compra de materiais e acessórios	Materiais	R\$			
	Orçamentação dos moldes	MOI ¹⁷	hh			
	Despesas administrativas fixas	Despesas fixas	R\$			
	Depreciação	Depreciação	R\$			
Custo total do desenvolvimento do molde de injeção =						

Figura 5.7 – Formulário de elaboração do orçamento C3 – parte 2 – relação das atividades e seus direcionadores de custo (Continuação)

Para auxiliar a determinação dos tempos e custos de fabricação dos componentes do molde, propõe-se o formulário do processo de fabricação - F1 (Figura 5.8).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC Formulário do processo de fabricação – F1					
Data: __/__/__		Realizado por:		Cliente:	
Denominação do componente injetado:			Orçamento número:		
Componente do molde:			Código:		
Material:			Prazo:		
Tratamento térmico:					
Tratamento de superfície:					
Dimensão bruta:				Peso (kgf):	
Dimensão final:					
Seqüência	Operação			Tempo (h)	Custo (R\$)
Total=					
Desenho:					

Figura 5.8 – Formulário do processo de fabricação – F1

Caso o fabricante de moldes utilize moldes-padrão, os tempos, os custos e as dimensões dos componentes do molde já estão **previamente definidos**, com exceção das placas

¹⁷ MOI: mão-de-obra indireta.

cavidades, que deverão ser estimados com base em projetos anteriores, por meio do formulário de resumo de projetos realizados - C4 (Figura 5.9).

Se o fabricante de moldes não adotar a prática de moldes-padrão, todos os tempos deverão ser estimados com base em moldes já desenvolvidos.

O formulário C4 é utilizado em muitas atividades, pois reúne em um só documento as informações de vários projetos de moldes já realizados, tendo por finalidade diminuir o tempo para procurar as informações necessárias.

As informações que constam neste formulário são: número do projeto realizado, denominação do cliente e do componente injetado, o tipo do molde, o nome dos colaboradores que realizaram o desenvolvimento (projeto, fabricação e montagem), bem como a data de início e término da fase de projeto e fabricação, os custos estimados e reais, os problemas ocorridos e a representação do componente injetado.

Também no formulário C4, há a indicação dos desenhos do molde de injeção em relação aos sistemas utilizados de alimentação, extração e refrigeração. Caso a pessoa que esteja consultando esta ferramenta deseje informações mais detalhadas em relação a dimensões do molde, deverá verificar o arquivo eletrônico do mesmo.

Cabe ressaltar que durante a pesquisa de campo nas empresas de Portugal observou-se que o principal foco da fabricação é a placa cavidade superior e inferior, pois são os componentes mais complexos do molde. Os outros componentes nessas empresas são fabricados por empresas terceirizadas, com isso ocorrem dois fatos: i) a ocupação da carga máquina do fabricante de moldes é destinada para os componentes de maior valor agregado (placas cavidades); e ii) o tempo de fabricação do molde menor, pois os componentes do molde são realizados simultaneamente em várias empresas.

Cada componente do molde terá um formulário do processo de fabricação - F1, que deverá conter informações gerais sobre o tipo do molde, material e tratamentos térmicos e superficiais, além dos custos de fabricação, que serão então estabelecidos e incorporados ao orçamento do molde.

Para suportar a escolha do material e dos tratamentos térmicos e de superfície, foi elaborada a ferramenta de suporte na escolha dos materiais e dos tratamentos dos componentes do molde - FR1a, e a ferramenta de suporte na escolha dos materiais e dos tratamentos nas placas cavidades no molde -FR1b, que são apresentadas no Apêndice I. Tais ferramentas são originadas dos trabalhos de Centimfe (2003) e Harada (2004).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC														
Formulário de resumo de projetos realizados – C4														
Projeto	Denominação		Tipo do molde	Recursos humanos			Projeto Início/ término	Fabricação Início/ término	Custo Estimado/ real	Problemas	Desenho	Sistemas		
	Cliente	Componente injetado		Projetista	Ferramenteiro	Ajustador						Alimentação	Extração	Refrigeração

Figura 5.9 – Formulário de resumo de projetos realizados – C4

Com todas as informações determinadas, o custo total de desenvolvimento do molde de injeção é então obtido no formulário C3, baseado nos formulários F1 e no método ABC.

A formação do preço de venda do molde varia de fabricante para fabricante. Propõe-se neste trabalho que o valor do desenvolvimento do molde que será enviado ao cliente seja determinado pelo método de venda orientada pelos custos, obtido, segundo Padoveze (2006), pela soma do custo total de desenvolvimento do molde (determinado pelo formulário C3) acrescido dos custos dos impostos e da margem de lucro objetivada da empresa.

Para a determinação do prazo de desenvolvimento do molde, a pessoa responsável pelo orçamento deverá consultar o formulário gerencial de controle geral dos recursos da empresa – PL10, que será apresentado na Figura 5.29 (página 133) ao final da fase 2.

No formulário PL10, constam as informações da ocupação geral dos recursos da empresa, tanto humano como de equipamentos, informação essa que foi evidenciada pela pesquisa de campo como sendo importante para a realização da proposta de desenvolvimento do fabricante de molde para o cliente e difícil determinação.

5.2.5 - Atividade 1.5: Enviar a proposta ao cliente

Consiste na entrega da proposta de orçamento para o cliente. Essa atividade é realizada com apoio do formulário de proposta de orçamento – C5 (Figura 5.10). Além de dados gerais, são descritos prazos, materiais, acabamentos e tratamentos térmicos ou de superfície de todos os componentes do molde, detalhes do fornecimento do molde e os valores envolvidos no processo de desenvolvimento do molde.

No formulário C5 também estão previstos o tipo do molde a ser utilizado, os sistemas que farão parte, os acessórios e as texturas necessárias, além do valor, caso o cliente deseje, da análise reológica.

5.2.6 - Atividade 1.6: Encerrar a fase de contratação

Essa atividade finaliza a fase de contratação dependendo da resposta do cliente com relação ao orçamento estabelecido. As possibilidades são: o cliente aceita o orçamento conforme especificado, solicita propostas alternativas ou rejeita o orçamento.

Se o cliente aceitar o orçamento, todas as informações obtidas e registradas até o momento servirão de entrada para a fase seguinte, que é a fase do planejamento do processo de desenvolvimento – fase 2.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC Formulário de proposta do orçamento – C5 Endereço: Campus Universitário – Trindade Telefone: (48)-3721-9719 Florianópolis – SC				
Data: __/__/__		Orçamento número:		Cliente:
Denominação do componente injetado:				
Especificação do molde:				
Número de cavidades:				
Sistema de alimentação:				
Sistema de refrigeração:				
Sistema de extração:				
Sistema de saída de gases:				
Acessórios:				
Textura:				
Máquina de injeção:				
Material a ser injetado:				
Outros:				
Componentes do molde	Material	Tratamento térmico	Tratamento de superfície	Acabamento
Prazo de fornecimento das amostras:		Prazo de fornecimento do molde:		
Valor da análise reológica:				
Valor do desenvolvimento do molde:				
Validade da proposta:				
Observações:				
Condições de pagamento:				
_____ Assinatura do responsável pela empresa				

Figura 5.10 – Formulário de proposta do orçamento – C5

Nesse caso, em conjunto com o contrato de desenvolvimento (um modelo recomendado de contrato é apresentado como o formulário C6 da Figura 5.11), será enviado ao cliente o formulário de projeto informacional – P1, o qual será utilizado na fase 3 do modelo de referência, para que o cliente especifique de forma mais detalhada os requisitos desejados e também que tenha certo tempo (de dois a cinco dias) para levantar todas as informações necessárias.

Caso o cliente solicite propostas alternativas, o orçamento será reavaliado e as alternativas serão relacionadas de forma detalhada.

Se o cliente rejeitar o orçamento, o item 8 do formulário C1 (Figura 5.4) será preenchido com uma análise dos motivos da não contratação, a fim de servir de parâmetro para ações futuras da empresa.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Contrato de desenvolvimento do molde – C6				
Contrato de desenvolvimento do molde de injeção				
<p>Pelo presente instrumento, de um lado a contratante: _____ estabelecida na cidade de _____ Estado de _____, endereço _____, n° _____, bairro _____, inscrita no CNPJ sob o n° _____, por seu representante legal, baixo assinado, doravante denominado (a) _____, e do outro lado o contratado a UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, estabelecida na cidade de FLORIANÓPOLIS Estado de Santa Catarina, endereço Campus Universitário, n° 476, bairro Trindade, inscrita no CNPJ sob o n° 886904409-0001, por seu representante legal, doravante denominado Carlos Maurício Sacchelli, ajustam a celebração deste contrato, que se regerá pelas seguintes cláusulas e condições:</p>				
<p>Cláusula Primeira – Objetivo</p> <p>Este contrato tem como objeto, o desenvolvimento do molde de injeção, abaixo especificado: número de cavidades:____, sistemas: alimentação:____, refrigeração:____ extração:____ saída de gases:____ e com os seguintes acessórios:____, que será utilizado na máquina de injeção:____ e com o material a ser injetado:____. Os componentes do molde, seus materiais, tratamentos e acabamentos estão na seqüência especificados.</p>				
Componentes do molde	Material	Tratamento térmico	Tratamento de superfície	Acabamento
<p>Cláusula Segunda – Responsabilidades</p> <p>A contratante deverá fornecer ao início do processo de desenvolvimento do molde de injeção o desenho ou o protótipo do componente injetado, sendo que qualquer alteração na geometria do componente que reverta em alterações no projeto do molde de injeção acarretará na revisão do custo e do prazo de entrega do molde.</p> <p>O Contratado deverá entregar o molde no prazo estipulado no contrato e com as especificações nele descritas.</p>				
<p>Cláusula Terceira – Custo</p> <p>O valor do desenvolvimento do molde que a contratante deverá pagar para o contratado será de R\$ _____, pago nas seguintes condições _____.</p>				

Figura 5.11- Contrato do desenvolvimento do molde – C6 (Continua)

<p>Cláusula Quarta – Prazo O contratado deverá entregar para a contratante as amostras no seguinte prazo:_____. A contratante deverá retornar com a aceitação ou não das amostras no prazo de _____.O molde de injeção será entregue nas condições deste contrato no prazo de_____.</p> <p>Cláusula Quinta – Foro As partes elegem o foro da comarca de Florianópolis para dirimir quaisquer controvérsias oriundas deste contratado.</p> <p>Por estarem assim justos, firma o presente instrumento, e duas vias de igual teor, juntamente com 2 (duas) testemunhas.</p> <p>Florianópolis, _____de _____de _____</p>	
_____ Contratante – Nome	_____ Contratado – Nome
_____ Testemunha – RG, Nome	_____ Testemunha – RG, Nome

Figura 5.11- Contrato do desenvolvimento do molde – C6 (Continuação)

5.2.7 – Controle e saídas da fase 1: Contratação do desenvolvimento do molde

O controle da fase 1, que consiste numa atividade gerencial, será realizado com o auxílio do formulário de controle da fase de contratação – C7 (Figura 5.12), orientando o gestor da empresa no monitoramento do processo de contratação.

No formulário C7 encontram-se especificados, além de informações gerais (data de solicitação do orçamento, nome do cliente e do componente injetado e a forma pela qual este ficou conhecendo a empresa), dados sobre o andamento das principais atividades da fase, como a análise da geometria, validação das informações, realização e entrega do orçamento, bem como a resposta afirmativa ou negativa.

As informações do andamento das principais atividades poderão ser preenchidas semanalmente com a anotação de sua realização ou não.

Outra alternativa que o gestor da empresa poderá utilizar é o formulário gerencial de controle dos direcionadores de custo – C8, que é apresentado na Figura 5.13, devendo ser especificados para cada tipo de molde os valores dos direcionadores de custo.

Como o método de custeio ABC possibilita a verificação dos valores totais de cada direcionador de custo, o gestor poderá observar quais os direcionadores com valores elevados de cada tipo de molde, possibilitando a realização de ações para que sejam reduzidos.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC Formulário de controle da fase de contratação – C7					
Datas:	__/__/____	__/__/____	__/__/____	__/__/____	__/__/____
Número do orçamento					
Cliente					
Meio de conhecimento da empresa					
Componente injetado					
Análise da geometria					
Discussão com o cliente das melhorias					
Realização do orçamento					
Envio da proposta					
Aprovação					

Figura 5.12 – Formulário de controle da fase de contratação – C7

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Formulário gerencial de controle dos direcionadores de custo – C8				
Data: __/__/__	Realizado por:			
Direcionador de custo	Molde A	Molde B	...	Molde n
Mão-de-obra direta				
Máquinas				
Materiais diretos e acessórios				
Serviços de terceiros				
Energia elétrica direta				
Ferramentas				
Setup de operação				
Movimentação de matérias				
Despesas administrativas fixas				
Mão-de-obra indireta				
Depreciação				
Custo total (R\$)				

Figura 5.13 – Formulário gerencial de controle dos direcionadores de custo – C8

As saídas da fase 1 são o contrato do processo de desenvolvimento e as informações necessárias para o processo de planejamento do projeto, caso o cliente aceite a realização do processo de desenvolvimento.

5.3 - Fase 2: Planejamento do processo de desenvolvimento do molde

Diante do contrato estabelecido para o desenvolvimento do molde de injeção, segue-se com a fase de planejamento. As informações iniciais de entrada para essa fase são as que foram desenvolvidas e formalizadas nos formulários da fase de contratação. Entre elas, e de base para o desenvolvimento do plano de projeto, incluem-se o prazo de fornecimento e os custos de desenvolvimento.

O resultado principal dessa etapa é o plano do desenvolvimento do molde de injeção, em que serão considerados os processos de gerenciamento de projetos (descritos no Capítulo 2), que conforme a pesquisa de campo não são realizados ou são considerados de maneira superficial.

Assim, o modelo de referência deste trabalho utilizará os processos de gerenciamento de projetos, adaptando-os para a realidade dos fabricantes de molde, procurando utilizar os recursos disponíveis nessas empresas.

Com a fase de planejamento, o problema relatado na pesquisa em relação à integração entre os diversos setores da empresa será minimizado significativamente. Todas as atividades serão claramente definidas, com datas pré-estabelecidas. Os recursos humanos e equipamentos necessários também serão estabelecidos previamente, estando o plano de desenvolvimento do molde disponível para a consulta de toda a equipe, pressupondo assim uma maior integração e sinergia entre os envolvidos.

As atividades que serão realizadas nessa fase se encontram relacionadas na Figura 5.14, a saber: realização do planejamento do escopo, recursos humanos, tempo, aquisições, custos, qualidade, comunicações, riscos e, finalizando a fase, avaliação e aprovação do planejamento realizado. Tal estrutura de planejamento é proposta conforme a metodologia apresentada pelo PMI (PMBOK, 2004). A escolha por esta metodologia, se justifica pela sua maturidade e pelos benefícios já constatados pelas empresas que a utilizam.

A principal ferramenta dessa fase é o formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde (PL2), que realizará a interligação de todos os planos citados anteriormente, tornando a fase de planejamento mais simples, objetiva e eficiente. O formulário PL2 é apresentado em sua forma completa no Apêndice J.

5.3.1 - Atividade 2.1: Realizar o planejamento do escopo

O planejamento do escopo, tanto do projeto quanto do produto, tem o propósito de estabelecer os principais trabalhos e resultados do projeto. Seu desenvolvimento se dá com as informações do contrato do projeto, bem como aquelas constantes nos formulários C1, C3 e C5 desenvolvidas na fase de contratação.

Fase 2. Planejamento do processo de desenvolvimento do molde				
Entradas	Atividades	Controles	Mecanismos	Saídas
Contrato do desenvolvimento do molde, com a especificação de prazo, custos e materiais que serão utilizados no molde de injeção. Formulários C1, C3, C4 e C5.	2.1. Realizar o planejamento do escopo	PL9 e PL10	PL1a, PL1b, C1, C3 e C5	Plano de escopo do produto e projeto
	2.2. Realizar o planejamento dos recursos humanos		PL2, C4 e PL10	Plano de recursos humanos
	2.3. Realizar o planejamento do tempo		PL2, PL3 e PL10	Plano do tempo
	2.4. Realizar o planejamento das aquisições		PL2 e PL4	Plano das aquisições
	2.5. Realizar o planejamento dos custos		PL2, PL5, PL3 e PL4	Plano do custo
	2.6. Realizar o planejamento da qualidade		PL2 e PL6	Plano de qualidade
	2.7. Realizar o planejamento das comunicações		PL2 e PL7	Plano das comunicações
	2.8. Realizar o planejamento dos riscos		PL2, FR2 e C4	Plano dos riscos
PL1, PL2, PL3, PL4, PL5, PL6, PL7	2.9. Avaliar o planejamento realizado		PL8	Planos desenvolvidos aprovados
LEGENDA		PL5 – Formulário de planejamento e controle dos custos PL6 – Formulário de avaliação da qualidade PL7 – Formulário de controle das informações PL8 – Formulário de avaliação e aprovação do planejamento PL9 – Formulário de controle da fase de planejamento PL10 – Formulário de controle geral de recursos da empresa FR2 – Ferramenta de análise qualitativa de riscos		
C1 – Formulário de informações para o orçamento C3 – Formulário de elaboração do orçamento C4 – Formulário de resumos de projetos realizados C5 – Formulário de proposta de orçamento PL1a – Formulário de declaração de escopo do produto PL1b – Formulário de declaração de escopo do projeto PL2 – Formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde PL3 – Formulário de planejamento do tempo PL4 – Formulário de planejamento das aquisições				

Figura 5.14 – Síntese da fase 2 – planejamento do processo de desenvolvimento do molde com as entradas, atividades, controles, mecanismos e saídas

Para suportar a realização dessa atividade, propõe-se o formulário de declaração de escopo do produto – PL1a (Figura 5.15) e o formulário de declaração do escopo do projeto – PL1b (Figura 5.16).

No formulário PL1a, apresenta-se uma descrição geral do molde, em termos de seus sistemas, bem como a especificação dos materiais, tratamentos térmicos e de superfície e acabamentos que deverão ser utilizados em cada componente do molde.

A mudança de escopo, em relação ao produto, no caso o molde de injeção, somente será realizada com a aprovação do gerente do projeto de desenvolvimento do molde, que deverá também obter autorização da empresa solicitante do molde.

No formulário PL1b, do escopo do projeto, têm-se as informações que vão orientar o planejamento do molde e as principais decisões gerenciais. Para cada fase do

desenvolvimento são estimadas as datas de início e de revisões com base no prazo previsto para o cliente, em função dos principais resultados de cada fase.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC Formulário de declaração do escopo do produto – PL1a				
Data: __/__/__		Realizado por:		Cliente:
Denominação do componente injetado:			Projeto número:	
1. Dados gerais do molde:				
Número de cavidades:		Câmara quente:		
Tipo do molde:		Acessórios:		
Sistema de alimentação:		Textura:		
Sistema de refrigeração:		Máquina de injeção:		
Sistema de extração:		Material a ser injetado:		
Sistema de saída de gases:		Outros:		
Esboço do molde:				
2. Materiais, tratamentos térmicos e acabamentos dos componentes.				
Componentes do molde	Material	Tratamento térmico	Tratamento de superfície	Acabamento
Alterações nestas especificações deverão ser autorizadas pelo gerente do projeto do desenvolvimento do molde de injeção				
Aprovação				

Assinatura do responsável				
_____, __ de _____ de _____				

Figura 5.15 – Formulário de declaração do escopo do produto – PL1a

Nesse momento as definições de datas são na forma de estimativas gerais e servirão de base para o detalhamento de todas as atividades necessárias para o desenvolvimento do molde, considerando os recursos e os custos das atividades.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC Formulário de declaração do escopo do projeto – PL1b			
Data: __/__/__	Realizado por:	Cliente:	
Denominação do componente injetado:		Projeto número:	
1. Justificativa			
O molde de injeção do componente _____ terá como responsável pelo seu desenvolvimento o Sr. _____.			
Os custos estabelecidos são: _____.			
Os prazos de fornecimento das primeiras amostras são para: __/__/__ e do molde para: __/__/__.			
2. Cronograma			
Fases	Data de início	Resultados principais	Marcos para revisão
Planejamento	__/__/__	Planos de escopo, recursos humanos, tempo, aquisições, custos, qualidade, comunicações e riscos.	__/__/__
Projeto	__/__/__	Especificação do projeto	__/__/__
	__/__/__	Conceito do molde	__/__/__
	__/__/__	Leiaute das cavidades e projeto preliminar	__/__/__
	__/__/__	Desenhos detalhados dos componentes do molde	__/__/__
Fabricação	__/__/__	Componentes do molde	__/__/__
	__/__/__	Montagem do molde	
Certificação	__/__/__	1° teste – Funcionamento geral do molde, obtenção da amostra e verificação do ciclo de injeção	__/__/__
	__/__/__	2° teste – Funcionamento geral do molde em ciclos de produção.	
Alterações nestas especificações deverão ser autorizadas pelo gerente do projeto do desenvolvimento do molde de injeção			
Aprovação			
_____ Assinatura do responsável			
_____, __ de _____ de _____			

Figura 5.16 – Formulário de declaração do escopo de projeto – PL1b

Caso o prazo e os custos previstos, por motivos diversos, ultrapassem o que foi determinado inicialmente, deverá ser realizada uma reunião com o gerente do projeto a fim de

verificar a possibilidade de alteração do escopo. É importante, também, que esteja claro no contrato entre o fabricante do molde e o seu cliente que as possíveis alterações no componente injetado poderão acarretar em acréscimos tanto no custo como no prazo estabelecidos inicialmente.

5.3.2 - Atividade 2.2: Realizar o planejamento dos recursos humanos

Consiste na especificação de quem irá executar as atividades de desenvolvimento do molde, em que se deve considerar, primeiramente, a experiência dos projetistas e ferramenteiros em relação ao tipo do molde que será feito, pois assim o processo de desenvolvimento ocorrerá de maneira mais rápida e com menor probabilidade de erro, principalmente na fase de projeto do molde.

O formulário C4, apresentado na Figura 5.9, é proposto para ser utilizado como orientação nessa especificação, pois mostra de forma resumida, para cada projeto já efetuado, o nome do componente injetado, o tipo de molde, os colaboradores que o realizaram, a data de início e de término e representação macro dos sistemas dos moldes utilizados.

Outra variável a ser considerada para a especificação dos recursos humanos é a disponibilidade de tempo dos projetistas e ferramenteiros, que poderá ser obtido pelo formulário gerencial de controle geral dos recursos da empresa – PL10 (que é detalhado no item 5.3.10 na Figura 5.29).

Caso não seja possível a especificação dos recursos com base em projetos anteriores, o responsável pela área de projeto deve indicar um projetista para a execução do projeto do molde. Contudo, se for verificado que não é possível realizar as atividades (ou parte delas, tanto no projeto como na fabricação) com os recursos da empresa, deve-se considerar a especificação de recursos com base na contratação de empresas terceirizadas especializadas no projeto ou na fabricação do molde.

Para apoiar o planejamento dos recursos humanos, propõe-se o formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde – PL2, apresentado parcialmente na Figura 5.17 e em sua forma completa no Apêndice J.

No formulário PL2 estão especificadas, com base na declaração de escopo de projeto, as atividades do modelo de referência e a designação dos profissionais para a sua realização.

Essa designação foi estabelecida tendo em vista o conhecimento e a experiência necessários para a execução das atividades, conforme a seguir:

- a) **comercial:** conhecimento em técnicas de vendas, projeto e fabricação de moldes de injeção;

- b) **gerente do projeto:** conhecimento na área de projeto e fabricação de moldes de injeção, gerenciamento de projetos, engenharia simultânea e ferramentas da qualidade;
- c) **responsável pela área de projeto:** experiência em projetos de moldes e conhecimentos de gerenciamento de projetos;
- d) **responsável pela área de fabricação:** experiência na fabricação de moldes, no planejamento e controle da produção e conhecimentos de projeto de molde e de gerenciamento de projetos;
- e) **projetista de moldes:** experiência em projetos de moldes de injeção, além de conhecimentos básicos em gerenciamento de projeto;
- f) **técnico projetista de moldes:** experiência em detalhamento de desenhos de moldes de injeção e conhecimentos básicos de projeto de moldes e gerenciamento de projeto;
- g) **processista:** experiência nos processos de usinagem e de injeção, bem como no planejamento do processo de fabricação, conhecimento no planejamento e controle da produção e de gerenciamento de projetos;
- h) **ferramenteiro:** experiência na área de usinagem;
- i) **ajustador:** experiência na montagem e ajustagem de moldes de injeção.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC		
Formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde – PL2		
Fase	Atividades do modelo de referência	Recursos humanos
2. Planejamento	2.1. Realizar o planejamento do escopo	Gerente do projeto
	2.2. Realizar o planejamento dos recursos humanos	
	2.3. Realizar o planejamento do tempo	
	2.4. Realizar o planejamento das aquisições	
	2.5. Realizar o planejamento dos custos	
	2.6. Realizar o planejamento da qualidade	
	2.7. Realizar o planejamento das comunicações	
	2.8. Realizar o planejamento dos riscos	
	2.9. Avaliar e aprovar o planejamento realizado	Gerente do projeto, responsáveis pela área de projeto e fabricação

Figura 5.17 – Apresentação parcial do formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde – PL2, com exemplo do plano de recursos humanos

5.3.3 - Atividade 2.3: Realizar o planejamento do tempo

O planejamento do tempo consiste da definição das atividades, com a realização de uma estimativa de sua duração (início e término) e seu seqüenciamento mais apropriado resultando todas essas informações no cronograma do projeto. Nesse trabalho esta atividade, realizará a

reavaliação de todas as atividades necessárias e de suas estimativas, pois as mesmas já foram estabelecidas previamente na fase de contratação, quando do orçamento.

Em relação ao seqüenciamento, o gerente de projeto, com base nas atividades propostas do modelo de referência, verificará se todas serão necessárias ou não para o processo de desenvolvimento do molde que está sendo realizado. Por exemplo, se o projeto do molde for de uma empresa terceirizada, o seqüenciamento, a duração e a estimativa do tempo serão alteradas.

Para suportar essa atividade, propõe-se o formulário de planejamento do tempo –PL3 (Figura 5.18), que apresenta um exemplo de planejamento de tempo em que se indica a duração das atividades do projeto informacional em relação aos dias da semana e em relação a semana do ano.

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC Formulário de planejamento do tempo – PL3									
Data: __/__/__		Realizado por:					Cliente:				
Denominação do componente injetado:		Projeto número:									
Fase	Atividades do modelo	Semana 1					Semana 2				
		1	2	3	4	5	8	9	10	11	12
Projeto	3.1 Projeto informacional										
	3.1.1 Identificar os requisitos do cliente										
	3.1.2 Definir os requisitos de projeto										

Figura 5.18 – Formulário de planejamento do tempo – PL3

Conforme observado na pesquisa de campo, a maioria das empresas possui *softwares* de gerenciamento de projetos. Portanto, a ferramenta de suporte PL3 poderá ser elaborada por meio de um *software* de gerenciamento de projeto e apresentada na forma do diagrama de Gantt.

No *software* de gerenciamento de projeto, deverão ser previamente cadastradas as fases de projeto, fabricação e certificação do modelo de referência, bem como os recursos disponíveis para a execução do projeto, tais como recursos humanos, equipamentos disponíveis e empresas terceirizadas que podem participar do projeto, como, por exemplo, empresas de tratamentos térmicos para os componentes do molde.

O tempo de duração de cada atividade já é previamente determinado se a empresa utiliza o conceito de moldes-padrão. Caso contrário, os tempos de duração das atividades serão os mesmos determinados quando da elaboração do orçamento (formulário C3).

Para o preenchimento do formulário PL3, o gerente do projeto deverá verificar a ocupação dos recursos alocados para cada atividade, que poderá ser realizado com a consulta ao formulário PL10 que é apresentada no item 5.3.10 na Figura 5.29.

Uma alternativa para a verificação é a utilização de um **histograma de recursos**, que é um gráfico que realiza a somatória de horas para os recursos, considerando todos os projetos em andamento, sendo outra forma de visualização do formulário PL3. O histograma pode ser obtido por meio de um *software* de gerenciamento de projetos.

Na Figura 5.19, é apresenta-se um exemplo de histograma, o qual relaciona a ocupação dos projetistas de moldes A e B ao longo da 32ª semana do ano entre os dias 6 e 10 de agosto.

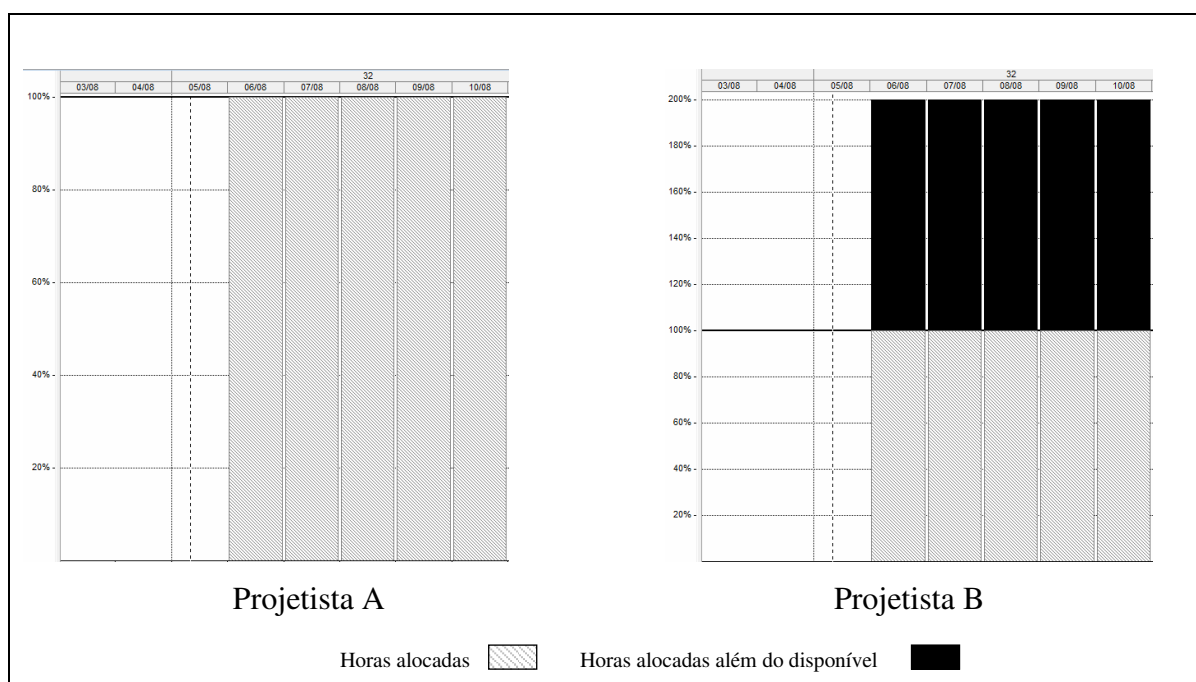


Figura 5.19 – Exemplo de histograma de recursos

O projetista A possui durante os cinco dias 100% de seu tempo alocado em atividades. Já o projetista B tem 200% de seu tempo alocado, ou seja, há uma previsão do dobro de sua capacidade normal de trabalho.

A previsão e a verificação da ocupação dos recursos disponíveis são de grande importância, pois um dos problemas relacionados na pesquisa de campo foi a dificuldade em saber se há recursos disponíveis para a realização do desenvolvimento do molde, quando do orçamento e do próprio planejamento do projeto.

Assim, com essas ferramentas, o gerente do projeto poderá, quando da realização do plano do tempo, distribuir de forma uniforme as atividades.

Caso ocorra uma situação semelhante ao exemplo do projetista B (Figura 5.19), em que o tempo necessário para a atividade é superior ao disponível, um **nivelamento de recursos**¹⁸ poderá ser feito, para que os recursos sejam melhores distribuídas entre as atividades ou, se necessário, contratar uma empresa terceirizada para tal atividade.

As alternativas para o nivelamento dos recursos, segundo Menezes (2001), são:

- a) considerar a possibilidade de interromper atividades para realocar recursos;
- b) utilização de horas extras;
- c) diminuir o tempo de duração de atividades pela alocação de mais recursos ociosos;
- d) acelerar a execução das atividades pela alteração do ritmo de trabalho;
- e) terceirizar certas atividades;
- f) analisar as atividades do **caminho crítico**¹⁹ do projeto, para verificar se é possível deslocar as atividades que não fazem parte do caminho crítico, ocupando tempos disponíveis e minimizando as necessidades concentradas de recursos.

No caso do exemplo da Figura 5.19, o nivelamento dos recursos poderia ser efetuado contratando-se uma empresa terceirizada para a realização do projeto, o que diminuiria as horas alocadas para o projetista B.

O conhecimento da disponibilidade e a ocupação dos recursos são de fundamental relevância e impactam diretamente na determinação do tempo do desenvolvimento do molde, que é acordado com o cliente na fase de contratação e detalhado na fase de planejamento.

Após estabelecidas as datas de cada atividade, pode-se preencher o formulário PL2, com as datas iniciais e finais.

5.3.4 - Atividade 2.4: Realizar o planejamento das aquisições

Nessa atividade são determinados os processos para a aquisição dos bens e serviços de empresas terceirizadas necessários para o desenvolvimento do molde, com base no planejamento do tempo, para que os recursos necessários estejam disponíveis no tempo planejado.

Tal etapa é importante para o processo de desenvolvimento, pois realizará a previsão (tanto da data quanto do custo) macro das aquisições, auxiliando o gestor da empresa no planejamento financeiro.

Para suportar essa atividade, propõe-se o formulário de planejamento das aquisições - PL4, apresentado na Figura 5.20. Nesse formulário devem constar os itens a serem

¹⁸ O nivelamento de recursos é usado para balancear os recursos sendo alocados em vários projetos da empresa para que uma área ou setor da empresa não fique sobrecarregado em determinado período.

¹⁹ Caminho crítico: seqüência de atividades com folga nula, entre o evento inicial e o final, e representa o menor tempo possível para a execução do projeto (CASAROTTO FILHO, FÁVERO, CASTRO, 1999).

adquiridos, suas especificações (acessórios ou serviços que serão realizados), fornecedores e prazos, obtidas pelo formulário PL2 (Apêndice J).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Formulário de planejamento das aquisições – PL4					
Data: __/__/__		Realizado por:		Cliente:	
Denominação do componente injetado:				Projeto número:	
Item	Denominação	Fornecedor	Prazo		
			Planejado	Solicitado	Entregue
Projeto do molde					
Material para os componentes do molde					
Ferramentas especiais					
Ferramentas de corte					
Tratamento térmico					
Tratamento de superfície					
Material polimérico para ensaio					
Análise reológica					
Porta moldes					
Acessórios					
Câmara quente					

Figura 5.20 - Formulário de planejamento das aquisições - PL 4

As aquisições poderão iniciar-se na fase 2 do modelo de referência deste trabalho, caso o fabricante de moldes terceirize o projeto do molde por motivos de indisponibilidade de recursos humanos ou mesmo da falta de conhecimento especializado dos projetistas em determinado tipo de molde. Nesse caso, deverão ser consideradas para o fornecimento do projeto do molde a capacidade técnica do contratado e as referências de clientes anteriores deste.

O fabricante de moldes precisará previamente desenvolver fornecedores de materiais e serviços a serem utilizados na fabricação do molde (aços e tratamentos térmicos, por exemplo), para que haja alternativas no caso de impossibilidades no atendimento.

A qualidade em relação ao atendimento das especificações técnicas do produto/serviço e o prazo poderão ser considerados como fator de qualificação do fornecedor.

Para a escolha do fornecedor, quando no momento da aquisição, o fabricante de moldes poderá adotar os critérios de menor custo e de tempo de entrega do material ou de execução do serviço solicitado.

É interessante para o fabricante de moldes trabalhar em forma de parceria com outros fabricantes de moldes de menor porte que se responsabilizem por certos componentes do molde, principalmente os de mais simples fabricação.

Utilizando essa prática, o fabricante de moldes conseguirá aumentar a sua produção, pois a prioridade será a fabricação das placas cavidades, componentes mais complexos de serem confeccionados e que demandam mais tempo de ocupação das máquinas. Prática esta evidenciada nos fabricantes de moldes em Portugal.

5.3.5 - Atividade 2.5: Realizar o planejamento dos custos

Nessa atividade realiza-se o detalhamento dos custos de cada atividade do desenvolvimento do molde ao longo do tempo, que será a base utilizada para o controle dos custos. Essa etapa tem grande importância no processo, pois realizará uma revisão nos custos propostos na fase de contratação, sendo realizada com base nos planos de recursos humanos, tempo e aquisições.

Para suportar essa atividade será utilizado o formulário de planejamento e controle dos custos (PL5), apresentado no Apêndice J.

O planejamento dos custos do projeto basicamente já foi realizado na fase de contratação das atividades, com o orçamento do molde, na Fase 1 (Formulário C3 – Figura 5.6 e 6.7). Contudo, o orçamento foi realizado com base em uma determinada ocupação de recursos do fabricante de moldes. Como os orçamentos possuem um prazo de aproximadamente 30 dias, essa atividade fará uma revisão no orçamento e verificará a situação atual da empresa, reavaliando as decisões efetuadas anteriormente.

Por exemplo, caso o fabricante de moldes tenha recebido a confirmação do processo de desenvolvimento do molde muito próximo ao fim da validade do orçamento, e já esteja com os recursos, tanto humanos como de máquinas, alocados para outros projetos, há a necessidade de planejar novamente os custos do projeto.

No formulário PL5, os custos de desenvolvimento são alocados no decorrer do tempo, que neste trabalho serão as semanas, visando o melhor planejamento das compras e possibilitando também o controle das despesas.

Com os planos anteriores realizados (recursos humanos, tempo e aquisições), o gerente do projeto poderá então distribuir os custos ao longo do cronograma do projeto, tendo o cuidado para que os custos necessários fiquem conforme os valores definidos no orçamento do molde.

É proposto também neste trabalho que o mesmo formulário PL5 seja utilizado para a realização do controle dos custos do projeto, em que, para cada atividade realizada e atualizada, será possível verificar o andamento do projeto, comparando os custos que foram planejados (baseados no formulário C3) e os obtidos durante o processo de desenvolvimento.

Para apoiar o controle dos custos ao longo do desenvolvimento do molde, propõe-se a utilização do método de análise do valor agregado – EVA (*Earned Value Analysis*).

Segundo Gasnier (2000), o método EVA permite a mensuração do desempenho do projeto, visto que compara o valor do trabalho efetuado com o custo planejado e o custo real, integrando custo, tempo e escopo. Assim, é possível conhecer a variação dos custos e do cronograma, tornando o gerenciamento dos custos mais eficaz. No Apêndice J esse método é apresentado com maiores detalhes.

Com o planejamento dos custos e principalmente com o seu controle, conforme sugerido nessa proposta, o fabricante de moldes poderá efetivamente acompanhar e controlar, ao longo do processo de desenvolvimento do molde, os custos envolvidos. Possibilita também, como citado anteriormente, ações preventivas para que o custo do projeto permaneça de acordo com o estabelecido, que conforme informações da literatura e da pesquisa de campo é um dos problemas característicos do setor de moldes.

5.3.6 - Atividade 2.6: Realizar o planejamento da qualidade

Essa atividade consiste na elaboração do plano da qualidade e na determinação de como serão realizados o controle e a garantia da qualidade.

Como ferramenta proposta para tal atividade, tem-se no formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde - PL2 a relação das fases e atividades, com o plano, o controle e a garantia da qualidade, apresentado parcialmente na Figura 5.21 e, em sua forma completa, no Apêndice J.

Como exemplo, na fase 2, o planejamento da qualidade será realizado de acordo com os padrões de qualidade e as especificações da empresa fabricante de moldes. Assim, quando na sua utilização, uma equipe deverá estabelecer quais os parâmetros de cada atividade que serão controlados (por exemplo, tempo de realização da atividade).

O controle realizado com o monitoramento de cada atividade ao longo do processo de desenvolvimento. A garantia da qualidade será assegurada com reuniões de aprovações e revisões ao final de cada fase.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC					
Formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde – PL2					
Fase	Atividades do modelo de referência	Qualidade			
		Planejado	Controle		Garantia
¹ R: Realizado e ² NR: Não realizado.					
			¹ R	² NR	
2. Planejamento	2.1. Realizar o planejamento do escopo	Realizar todos os planos seguindo os padrões de qualidade e especificações da empresa			Realizar e revisar os planos ao final de cada fase
	2.2. Realizar o planejamento dos recursos humanos				
	2.3. Realizar o planejamento do tempo				
	2.4. Realizar o planejamento das aquisições				
	2.5. Realizar o planejamento dos custos				
	2.6. Realizar o planejamento da qualidade				
	2.7. Realizar o planejamento das comunicações				
	2.8. Realizar o planejamento dos riscos				

Figura 5.21– Apresentação parcial do formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde – PL2, com exemplo do plano de qualidade

Também é proposto o formulário de avaliação da qualidade - PL6, apresentado na Figura 5.22, que avaliará as atividades realizadas e os problemas ocorridos, para que ao fim do processo de desenvolvimento do molde sejam devidamente analisados. A avaliação da qualidade é centrada nos parâmetros de cada atividade determinados pela empresa, contudo os componentes do molde serão devidamente avaliados nas atividades 4.2 e 4.3 da fase de fabricação.

Os critérios de qualidade desse setor variam para cada fabricante de moldes. Portanto, há a necessidade de trabalhos futuros que visem à padronização e ao estabelecimento de normas técnicas brasileiras de qualidade para o setor.

No Apêndice J também consta a relação de algumas normas sugeridas a serem utilizadas no processo de desenvolvimento de moldes de injeção.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Formulário de avaliação da qualidade – PL6						
Denominação do componente injetado:			Cliente:	Projeto número:		
Fase	Atividade	Realizada conforme plano?	Problemas?	Alteração na Metodologia?	Data	Responsável
Projeto						
Fabricação						
Certificação						

Figura 5.22 - Formulário de avaliação da qualidade – PL6

5.3.7 - Atividade 2.7: Realizar o planejamento das comunicações

No planejamento das comunicações serão estabelecidos o fluxo de informações e a geração, a coleta, a distribuição, além do controle básico das informações para o desenvolvimento do molde.

Como observado na revisão de literatura, o desenvolvimento do molde de injeção é efetuado de forma fragmentada por vários profissionais de diferentes áreas de conhecimento. Assim, o estabelecimento adequado do fluxo e das informações é essencial para que o processo de desenvolvimento ocorra de maneira eficiente.

No processo de desenvolvimento de moldes de injeção, várias pessoas e empresas são envolvidas. Por isso, é importante que durante o processo se tenha um responsável pelo gerenciamento do projeto e das informações necessárias aos vários envolvidos no processo.

A Figura 5.23 apresenta o fluxograma das principais relações de informações entre os integrantes do processo de desenvolvimento do molde de injeção e está baseada na revisão de literatura e na pesquisa de campo. O ambiente de comunicação interna da empresa fabricante de moldes terá como participantes: a pessoa do setor comercial, o gerente do projeto, o responsável pela área de projeto, o projetista, o técnico projetista, o responsável pela área de fabricação, o processista, o ferramenteiro e o ajustador.

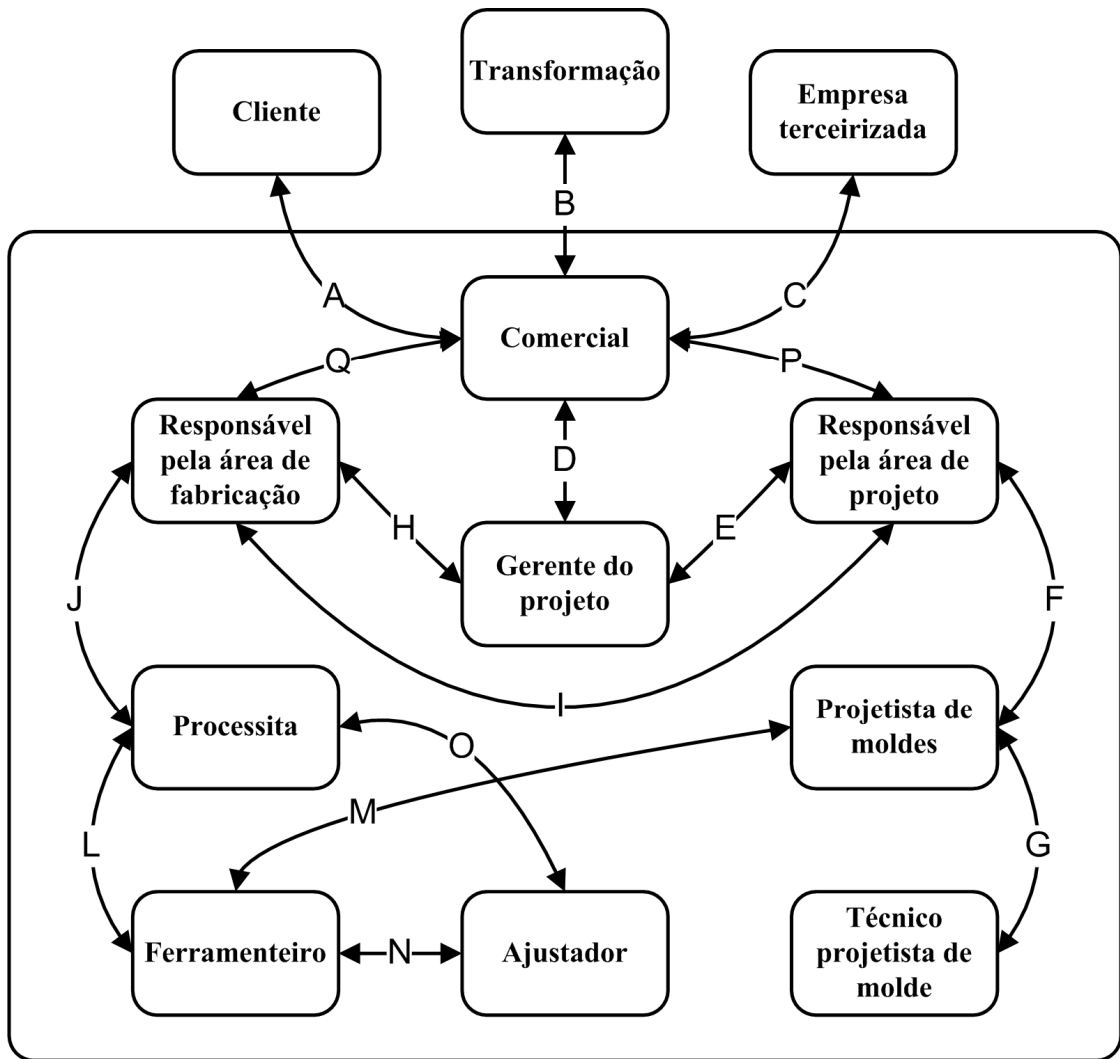


Figura 5.23 – Relacionamento entre os envolvidos no processo de desenvolvimento de moldes

As necessidades de cada integrante do processo de desenvolvimento de moldes, citado anteriormente, estão especificadas na Tabela 5.1. Por exemplo, tem-se que o gerente do projeto necessita de determinadas informações para o desenvolvimento do molde de injeção do setor comercial (relação D), que por sua vez, necessita de informações em relação a execução do plano de desenvolvimento, para que possa informar o cliente do andamento do projeto do molde (relação A).

Tabela 5.1 – Informações necessárias durante o desenvolvimento do molde

Relação	Responsável	Tipo de informação
A	Cliente	Orçamento do molde, com prazo de fornecimento e especificações técnicas
	Comercial	Informações para o preenchimento do formulário C1 e P1 para o desenvolvimento do componente injetado
B	Transformador	Orçamento do molde, com prazo de fornecimento e especificações técnicas
	Comercial	Informações para o preenchimento do formulário C1 e P1 para o desenvolvimento do componente injetado
C	Empresa terceirizada	Especificações para o orçamento de materiais, acessórios e serviços
	Comercial	Orçamento de matérias, acessórios e serviços necessários para o desenvolvimento do molde
D	Comercial	Informações sobre o plano de tempo e custo do desenvolvimento do molde
	Gerente do projeto	Informações necessárias para o preenchimento dos formulários da fase de planeamento
E	Gerente do projeto	Informações do andamento do projeto
	Responsável pela área de projeto	Informações para a realização do projeto do molde, plano de desenvolvimento e possíveis dúvidas em relação ao projeto
F	Responsável pela área de projeto	Informações do andamento do projeto
	Projetista	Informações para a realização do projeto e possíveis dúvidas em relação ao projeto
G	Projetista	Informações do andamento do projeto
	Técnico projetista	Possíveis dúvidas em relação ao projeto preliminar
G	Projetista	Informações do andamento do projeto
	Técnico projetista	Possíveis dúvidas em relação ao projeto preliminar
H	Gerente do projeto	Informações do andamento da fabricação do molde
	Responsável pela área de fabricação	Plano de desenvolvimento do molde
I	Responsável pela área de projeto	Informações de limitações de processo
	Responsável pela área de fabricação	Dúvidas em relação ao projeto detalhado
J	Responsável pela área de fabricação	Informações do andamento da fabricação
	Processista	Projeto detalhado e plano de desenvolvimento
L	Processista	Informações do andamento da fabricação
	Ferramenteiro	Dúvidas em relação ao plano de processo
M	Ferramenteiro	Informações de possíveis melhorias na fabricação
	Ajustador	Informações em relação a fabricação do molde
N	Ferramenteiro	Dúvidas em relação ao projeto
	Projetista	Limitações do processo de fabricação
O	Processista	Informações do andamento do projeto
	Ajustador	Plano de desenvolvimento
P	Responsável pela área de projeto	Necessidades de aquisições
	Comercial	Especificações para compra de materiais e serviços
Q	Responsável pela área de fabricação	Necessidades de aquisições
	Comercial	Especificações para compra de materiais e serviços

Sugere-se uma reunião semanal entre o gerente do projeto e os responsáveis pelas áreas de projeto e de fabricação, para discutir o andamento dos projetos, em relação ao cronograma inicial, os custos envolvidos e as dificuldades encontradas.

5.3.8 - Atividade 2.8: Realizar o planejamento de riscos

O planejamento de riscos tem como objetivo maximizar a probabilidade dos eventos positivos e minimizar a probabilidade dos eventos negativos, por meio da identificação, análise e resposta aos riscos do projeto.

Assim, para essa atividade serão realizados: identificação dos riscos, análise qualitativa dos riscos levantados, elaboração de um meio de controle dos riscos, bem como um plano de resposta aos riscos.

A atividade de planejamento dos riscos será realizada pelo gerente do projeto, contudo este poderá, em casos que julgar necessário, envolver os responsáveis pelas áreas de projeto e de fabricação para auxiliar na identificação de possíveis riscos, como, por exemplo, em caso de desenvolvimento de um tipo de molde nunca antes realizado pela empresa.

Para a identificação dos riscos o gerente do projeto poderá considerar os fatores, os eventos ou as condições que afetam os objetivos de cada atividade do modelo de referência (projeto, fabricação e certificação) e, se necessário, solicitar ajuda aos responsáveis pela área de projeto e de fabricação.

A análise do formulário C4 (Figura 5.9) também poderá ser realizada, pois contém informações de problemas ocorridos nos projetos já elaborados.

Após a identificação dos riscos do projeto, é preciso fazer a análise qualitativa, que consiste na avaliação do impacto e da probabilidade de ocorrência dos riscos, por meio da ferramenta de análise qualitativa de risco- FR2, que consiste em uma matriz de probabilidade e impacto de riscos adaptada de Dinsmore (2003) e apresentada na Figura 5.25.

Por exemplo, se certo risco identificado for de impacto muito baixo e com probabilidade de ocorrência de 20%, sua classificação é de risco baixo.

MATRIZ DE PROBABILIDADE E IMPACTO					
Probabilidade	Impacto				
71% -99%					
51-70%					
31-50%					
11-30%					
1-10%					
	Muito baixo	Baixo	Moderado	Alto	Muito alto
	Legenda				
	Risco baixo	Risco médio	Risco alto		

Figura 5.25 – Ferramenta de análise qualitativa de riscos – FR2 (Adaptado de DINSMORE, 2003)

Sugere-se, para os riscos classificados como médio e alto, a definição de mecanismos de controle e plano de resposta, que são incluídos no formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde - PL2, exposto parcialmente na Figura 5.26 e, na sua forma completa, no Apêndice J.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC					
Formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde – PL2					
Fase	Atividades do modelo de referência	Riscos			
		Riscos	Análise	Controle	Plano de resposta
3. Projeto	3.1.2 Identificar os requisitos do cliente	Não preenchimento completo do formulário P1	Risco alto	Verificação quando do recebimento do formulário P1	Entrar em contato com o cliente

Figura 5.26 – Apresentação parcial do formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde – PL2, com exemplo do plano de riscos

Como exemplo, na Figura 5.26, para a atividade do modelo de referência 3.1.2 de identificação dos requisitos dos clientes, com um risco previsto de não preenchimento completo do formulário P1 por parte do cliente, considerado como de impacto muito alto e de probabilidade 30%, obtém-se um alto risco. Nesse caso, o controle desse risco poderá ser efetuado pela análise do formulário P1, quando de seu recebimento e como resposta, entrar em contato com o cliente para verificar os motivos e obter as informações faltantes.

5.3.9 - Atividade 2.9: Avaliar e aprovar o planejamento realizado

Essa atividade tem como objetivo analisar e aprovar o plano de desenvolvimento. Possui grande importância, pois todo o processo de desenvolvimento do molde será baseado no plano realizado, sendo necessária uma correta avaliação.

A avaliação será realizada em uma reunião (da qual devem fazer parte o gerente do projeto, o responsável pela área de projeto e de fabricação da empresa) por meio de uma análise dos planos elaborados.

Para suportar essa atividade, é proposto o formulário de avaliação e aprovação do planejamento –PL8 (Figura 5.27), e que será utilizado na reunião de avaliação e aprovação do planejamento do projeto.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Formulário de avaliação e aprovação do planejamento – PL8											
Data: __/__/__		Denominação do componente injetado:									
Cliente:					Prazo de entrega das amostras:						
Projeto número:					Prazo de entrega do molde:						
Participantes: Gerente do projeto _____					Responsável pela área de projeto: _____						
Responsável pela área de fabricação: _____											
Os formulários estão preenchidos?		SIM	NÃO	Os formulários estão preenchidos?		SIM	NÃO	Os formulários estão preenchidos?		SIM	NÃO
C1				PL1a				PL4			
C3				PL1b				PL5			
				PL2				PL6			
				PL3							
Itens a analisar					Sim	Não	Ações		Responsável	Data	
1- O plano de escopo do produto e do projeto está claro?											
1.1- Há necessidade de maiores informações?											
2- O plano de recursos humanos está adequado à realidade atual da empresa?											
2.1- Há necessidade de alteração?											
3- O plano de tempo está adequado à disponibilidade dos recursos humanos e de máquinas?											
3.1- Há necessidade de alteração?											
4- O plano de aquisição está contemplando todos os itens com as datas adequadas?											
4.1- Há necessidade de alteração?											
5- O plano de custo contempla todas as atividades necessárias para o desenvolvimento do molde?											
5.1- Há necessidade de alteração?											
6- O plano de qualidade está totalmente especificado?											
6.1- Há necessidade de alteração?											
7- O plano das comunicações está adequado para o projeto em desenvolvimento?											

Figura 5.27 – Formulário de avaliação e aprovação do planejamento – PL8 (Continua)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Formulário de avaliação e aprovação do planejamento – PL8						
Data: __/__/__		Denominação do componente injetado:				
Cliente: Projeto número:			Prazo de entrega das amostras: Prazo de entrega do molde:			
Participantes: Gerente do projeto _____			Responsável pela área de projeto: _____			
Responsável pela área de fabricação: _____						
Itens a analisar	Sim	Não	Ações	Responsável	Data	
7.2- Há necessidade de alteração?						
8- Os principais riscos foram identificados?						
8.1-Há necessidade de alteração?						
9- Haverá necessidade de terceirização de alguma atividade? Qual?						
10- Há necessidade de alguma informação adicional?						
Observações:						
Aprovação						
Avaliado em: __/__/__			Aprovado em: __/__/__			
Assinatura dos presentes:						
Gerente do projeto: _____						
Responsável pela área de projeto: _____						
Responsável pela área de fabricação: _____						

Figura 5.27 – Formulário de avaliação e aprovação do planejamento – PL8 (Continuação)

O formulário PL8, além das especificações gerais, como data, cliente, número de projeto, contém uma lista de verificação em relação aos formulários já preenchidos da fase de planejamento, por exemplo, em relação ao plano de escopo do produto, o plano de recursos humanos e o plano de custos.

Caso haja necessidade de alteração em algum item, a adequação deverá ser realizada e uma nova data de avaliação marcada.

5.3.10 - Controle e saídas da fase 2: planejamento do desenvolvimento do molde

Para a realização do controle da fase 2, será utilizado o formulário de controle da fase de planejamento – PL9 (Figura 5.28), que auxiliará o gestor da empresa a monitorar o processo.

O formulário PL9 mostra, na primeira linha, o número do projeto e, nas outras linhas, todas as atividades da fase de planejamento, cabendo ao gerente do projeto informar em qual atividade se encontra.

Para a realização do monitoramento da ocupação dos recursos da empresa, que auxiliará na fase de contratação e de planejamento, é proposta o formulário gerencial de controle geral dos recursos da empresa – PL10 (Figura 5.29).

No formulário PL10 têm-se os recursos disponíveis relacionados com a carga de trabalho ao longo do tempo (dias e semanas).

A saída dessa fase é o plano do desenvolvimento do molde, composto dos planos de escopo, recursos humanos, tempo, aquisições, custos, qualidade, comunicações e riscos.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC Formulário de controle da fase de planejamento – PL9													
Projeto número:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Planejamento do escopo													
Planejamento dos recursos humanos													
Planejamento do tempo													
Planejamento das aquisições													
Planejamento dos custos													
Planejamento da qualidade													
Planejamento das comunicações													
Planejamento dos riscos													
Avaliação e aprovação dos planos realizados													

Figura 5.28 – Formulário de controle da fase de planejamento – PL9

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC Formulário gerencial de controle geral dos recursos da empresa – PL10										
Recursos	Tempo									
	Semana 1					Semana 2				
	1	2	3	4	5	8	9	10	11	12
Projetista A	■									
Ferramenteiro A	■									
Máquina de usinagem A	■									

Figura 5.29 – Formulário gerencial de controle geral dos recursos da empresa – PL10

5.4 - Fase 3: Projeto do molde

Com o plano de desenvolvimento do molde finalizado, a fase 3 do modelo de referência denominada de projeto do molde será realizada.

Conforme discutido anteriormente, um dos potenciais problemas no desenvolvimento de moldes é o fluxo de informações entre a equipe que desenvolve o componente injetado e a do molde de injeção, resultando em inúmeros retrabalhos. Assim, nessa fase do processo, sistematizam-se as informações importantes para o desenvolvimento do molde levando em consideração as necessidades do cliente.

Essa fase também descreve a sistematização do projeto do molde, em que são descritas as atividades e a seqüência para a realização do projeto, com a utilização de ferramentas que buscam auxiliar o projetista de moldes na escolha das soluções de projeto mais adequadas.

Tal fase é constituída das subfases de realização dos projetos: **informacional, conceitual, preliminar e detalhado**, em que a saída da fase são os desenhos dos componentes do molde com todas as especificações, possibilitando a fabricação e montagem.

Na Figura 5.30, é apresentada a síntese da fase 3, com as suas entradas, atividades, controle, mecanismos e saídas.

Em linhas gerais, das pessoas que irão realizar a fase de projeto, segundo Centimfe (2003), deve-se esperar que:

- utilizem componentes do molde normalizados, sem prejudicar a criatividade;
- conheçam bem as potencialidades das máquinas de fabricação da empresa;
- projetem visando à utilização mínima dos recursos disponíveis;
- projetem prevendo a maximização de operações em uma mesma máquina, evitando assim transportes entre as máquinas durante a fabricação dos componentes do molde de injeção;

e) analisem o projeto criticamente, propondo soluções.

Todas as atividades da fase de projeto seguirão o planejamento do desenvolvimento do molde realizado nos formulários PL1a, PL1b, PL2, PL3, PL5 e PL6.

Fase 3 - Projeto do molde				
Entradas	Subfases	Controles	Mecanismos	Saídas
Planos de desenvolvimento do molde e formulários C1, C3 e C4	3.1. Realizar o projeto informacional	PL2, PL3, PL4, PL5, PL6 e PL7	P1, P2, P3, P4, PL1a, PL1b, PL2, PL3, PL5, PL6, C1, C3 e C4	Especificações de projeto
Especificações de projeto	3.2. Realizar o projeto conceitual		D1, D2, D3, P3, P5, PL1a, PL2, PL3, PL5, PL6 e C4	Concepção do molde
Conceito do molde de injeção	3.3. Realizar o projeto preliminar		P3, P6, PL2, PL3, PL5, PL6 e C4	Leiaute preliminar do molde
Projeto preliminar do molde	3.4. Realizar o projeto detalhado		P3, P7, PL2, PL3, PL4, PL5, PL6 e C4	Desenho detalhado dos componentes do molde
LEGENDA				
<p>C1 – Formulário de informações para o orçamento C3 – Formulário de elaboração do orçamento C4 – Formulário de resumos de projetos realizados PL1a – Formulário de declaração de escopo do produto PL1b – Formulário de declaração de escopo do projeto PL2 – Formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde PL3 – Formulário de planejamento do tempo PL4 – formulário de planejamento das aquisições PL5 – Formulário de planejamento e controle dos custos PL6 – Formulário de garantia da qualidade PL7 – Formulário de controle das informações. P1 – Formulário para o projeto informacional P2 – Formulário de elaboração da casa da qualidade (QFD) P3 – Formulário de especificação de projeto do molde de injeção P4 – Formulário de avaliação e aprovação do projeto informacional P5 – Formulário de avaliação e aprovação do projeto conceitual P6 – Formulário de avaliação e aprovação do projeto detalhado P7 – Formulário de avaliação e aprovação do projeto detalhado D1 – Diagrama de auxílio à decisão para sistema de alimentação D2 – Diagrama de auxílio à decisão para sistema refrigeração D3 – Diagrama de auxílio à decisão para sistema extração</p>				

Figura 5.30 – Síntese da fase 3 – projeto do molde com as entradas, atividades, controles, mecanismos e saídas

5.4.1 - Subfase 3.1: Realizar o projeto informacional

O projeto informacional tem como objetivo identificar as necessidades do cliente, estabelecendo, com métodos adequados, os requisitos de projeto e com isso as especificações de projeto.

Essa subfase é importante, pois, de acordo com a pesquisa de campo realizada, os fabricantes de moldes consideram que a troca de informações com o cliente não é adequada,

sendo confusa e em muitos casos havendo falta de informações técnicas fundamentais para o desenvolvimento do molde.

O projeto informacional do molde é realizado por meio das seguintes atividades: identificar os requisitos do cliente, definir os requisitos de projeto, analisar os projetos similares realizados, estabelecer as especificações de projeto, avaliar e aprovar o projeto informacional, finalizando com a atualização do plano de desenvolvimento.

Grande parte das informações necessárias para o projeto informacional já foram obtidas na fase de contratação, sendo nessa subfase reavaliadas e complementadas com um nível de detalhamento maior, para obter as especificações de projeto e que serão priorizadas por meio da casa da qualidade.

Cabe ressaltar que as informações que serão complementadas pelo projeto informacional, não terão impacto nos custos já determinados pelo orçamento, pois o tipo do molde, seus materiais e tratamentos térmicos e/ou de superfície já foram especificados.

5.4.1.1 – Atividade 3.1.1: Identificar os requisitos do cliente

Consiste na identificação das necessidades dos clientes, de forma organizada, categorizada e estruturada, sendo importante, pois será utilizada para a elaboração dos requisitos de projeto do molde de injeção.

Primeiramente, há a necessidade de se definir quem serão os clientes do desenvolvimento do molde. Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), há três tipos de clientes: o externo, o intermediário e o interno, que desejam que o molde tenha qualidades específicas, também denominadas de atributos.

Entende-se como cliente externo o conjunto de pessoas ou organizações que vai utilizar o molde, mantê-lo, desativá-lo e retirá-lo do mercado. Os clientes intermediários são aqueles que realizam as atividades de compra, venda e transporte do produto. Já os clientes internos são as pessoas envolvidas com o projeto e fabricação do molde, exigindo atributos como fabricabilidade e montabilidade, entre outros.

Uma melhor significação para atributos é dada em Fonseca (2000), que define como um conjunto de características físicas, de forma, de materiais, de uso, de fabricação e muitas outras propriedades finais do produto, sendo classificados em: i) atributos gerais (funcionamento, segurança, fabricabilidade e reciclabilidade) e ii) atributos específicos (tipo de material, cor e massa). Na Tabela 5.2, é possível observar os atributos desejáveis para moldes de injeção, tomando-se como base os atributos estabelecidos por Ogliari (1999) e Fonseca (2000).

Tabela 5.2 – Atributos do cliente para os moldes de injeção

Atributos gerais	Atributos básicos	Funcionamento, qualidade, custo adequado de aquisição, segurança, confiabilidade, normalização, modularidade, aparência e desempenho	
	Atributos do ciclo de vida	Fabricabilidade, montabilidade, transportabilidade, armazenabilidade, manutenibilidade, reciclabilidade e descartabilidade	
Atributos específicos	Atributos materiais	Geométricos	Forma, configuração, dimensões, acabamento, ajustes, textura, fixações e acessórios
		Material	
		Peso (ou massa)	
	Atributos energéticos	Forças	
		Cinemática	
Atributos de controle	Sinais (elétricos, pneumáticos)		

Como, no desenvolvimento do molde, há necessidade de se conhecer várias especificações para a correta realização do projeto, muitos dos atributos supramencionados já foram inseridos nos formulários anteriores. Os demais atributos necessários para a realização do projeto constam do formulário para o projeto informacional – P1 (Figura 5.31).

O formulário P1 deve ser enviado para o cliente ao final da fase 1 (com a aprovação do orçamento), mesmo que seja utilizado apenas na fase 3. Com isso, busca-se, além do esclarecimento das necessidades em relação aos atributos do molde, a redução do tempo, pois o cliente terá um intervalo de tempo para definir as suas prioridades, que, para o início da fase 3 de projeto, se espera que estejam devidamente estabelecidas. Isso também implementa um conceito de engenharia simultânea, pois essa fase já começa a ser executada antecipadamente.

O formulário P1, em conjunto com C1, C3, C4, PL1a e PL1b e PL2, será a base para se iniciar o processo de elaboração dos requisitos do projeto.

As informações do formulário P1 são necessárias para o correto andamento do projeto e para que o fabricante de moldes atenda às necessidades do cliente.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Formulário para o Projeto Informacional – P1		
Data: __/__/__	Cliente:	Projeto número:
Denominação do componente injetado:		
1- DADOS GERAIS		
1.1	Nome do responsável pelas informações:	
1.2	O componente injetado fará parte de uma montagem com outros componentes? Caso afirmativo, descrever em linhas gerais onde será utilizado ou enviar o desenho da montagem, para análise.	
2- MATERIAL POLIMÉRICO		
2.1	Material a ser injetado:	Fabricante:
2.2	Contração (%):	
2.3	Cor: () única () várias	
2.4	Dados de gravação no componente injetado:	
3- MÁQUINA INJETORA		
3.1	Modelo da máquina injetora:	
3.2	Distância entre as colunas (mm):	
3.3	Altura máxima e mínima do molde (mm):	
3.4	Curso máximo de extração (mm):	
3.5	Força máxima de fechamento (ton):	
3.6	Capacidade de injeção (gr):	
3.7	Pressão máxima de injeção (Pa)	
3.8	Qual o diâmetro do anel centralizador (mm)	
3.9	Assentamento do bico de injeção:	raio (mm):
3.10	Dimensões das abas para fixar o molde na máquina (mm):	
3.11	Qual o batente do extrator da máquina?:	rosca: quantidade:
3.12	Outros:	
4- ACESSÓRIOS		
4.1	Necessitará de tomada para a câmara quente? Qual?	
4.2	Deseja especificar os olhais para suspensão do molde?	
4.3	Deseja especificar as mangueiras e conexões para o sistema de refrigeração do molde?	
4.4	Deseja especificar os engates para a mangueira do sistema de refrigeração?	
4.5	Dados para gravação externa no molde:	
4.6	Outros:	
5- PESQUISA DE IMPORTÂNCIA DOS REQUISITOS DOS CLIENTES		
Para melhor realização do processo de desenvolvimento do molde, solicitamos que indique nos itens abaixo a importância para a empresa, sendo 1 para pouco importante e 5 para muito importantes.		
()	Obs: Espaço destinado às questões para o estabelecimento da importância dos requisitos do cliente (Tabela 5.3)	
()		
()		
()		
()		
()		
6- INFORMAÇÕES ADICIONAIS DOS REQUISITOS DOS CLIENTES		
Obs: Espaço destinado para questões adicionais dos requisitos do cliente (Tabela 5.4)		

Figura 5.31 – Formulário para o projeto informacional – P1

O formulário P1 deve conter as seguintes informações:

- 1) dados gerais;
- 2) do material que será realizado o componente injetado;
- 3) da máquina injetora que será utilizada;
- 4) de acessórios do molde;
- 5) pesquisa da importância dos requisitos do cliente;
- 6) informações adicionais.

Caso o cliente não tenha conhecimento na área de moldes, a pessoa do setor comercial do fabricante de moldes poderá auxiliá-lo no preenchimento das informações do formulário P1, seja via telefone ou pessoalmente.

No formulário P1, além dos dados gerais, a informação do material polimérico a ser usado é muito importante, principalmente o valor da contração dimensional.

As informações mais detalhadas sobre a máquina injetora, tais como distâncias entre colunas, alturas máxima e mínima do molde, são importantes para o correto desenvolvimento do molde e reduzem a possibilidade de retrabalho.

O item de acessórios é considerado para casos em que o cliente deseja especificar alguns componentes auxiliares como tomadas da câmara quente, conexões e mangueiras, com a finalidade de atendimento à padronização dos moldes do cliente. Caso o cliente não possua nenhuma especificação, os acessórios utilizados serão de acordo com os padrões do fabricante de moldes.

Para o estabelecimento do grau de importância dos requisitos que o cliente deseja, o projetista do molde poderá fazer uma pesquisa com questões fechadas, que será realizada por meio do item 5 do formulário P1, sendo o resultado utilizado para a elaboração da matriz da casa da qualidade.

O projetista deve então definir quais as perguntas que vão compor o item 5 do formulário P1. Como ferramenta de auxílio para essa atividade, é proposto a Tabela 5.3, que relaciona os atributos com questões orientativas com base nos trabalhos de Rees (1995), Ogliari (1999) e Ferreira (2002).

Tabela 5.3 – Questões orientativas para o estabelecimento da importância dos requisitos do cliente

Atributos	Questões orientativas
Funcionamento	Regulagem rápida dos parâmetros de processo na máquina injetora
Qualidade	Qualidade da aparência do componente injetado
Custo	Custo de desenvolvimento de acordo com o estabelecido
Segurança	Sistemas de proteção no molde para segurança
Confiabilidade	Fornecimento do molde no prazo estabelecido
Normalização	Se necessário, cumprimento das normas técnicas estabelecidas para o componente injetado
Modularidade	Componentes do molde intercambiáveis possibilitando o processo de transformação de outros componentes injetados
Aparência	Bom acabamento externo do molde
	Placa externa de identificação do molde
Desempenho	Elevada produtividade do molde
	Durabilidade elevada do molde de injeção
	Componentes do molde com elevada resistência à tração
	Componentes do molde com elevada resistência à compressão
	Componentes do molde com elevada resistência ao cisalhamento
	Componentes do molde com elevada resistência à flexão
	Componentes do molde com elevada resistência à torção
	Componentes do molde com elevada resistência ao impacto
Fabricabilidade	Tempo do ciclo de injeção reduzido
	Componente injetado deverá ser produzido sem dificuldades na máquina injetora
Montabilidade	Facilidade na montagem do molde na máquina injetora
	Rapidez na montagem do molde na máquina injetora
Transportabilidade	Fácil de se transportar
Armazenabilidade	Ser fácil de armazenar
Mantenabilidade	O molde deverá ser livre de revisões ou deverá haver maior intervalo de tempo entre elas
	O molde deverá apresentar maior facilidade de manutenção
	Componentes do molde intercambiáveis, possibilitando a manutenção mais rápida
Reciclabilidade	Utilizar matérias recicláveis
Descartabilidade	Minimizar a utilização de materiais não recicláveis nos componentes do molde
Geométricos	Exatidão das dimensões do componente injetado
Material	Material de acordo com o especificado
Peso (ou massa)	Procurar projetar o molde visando seu mínimo peso
Forças	Diminuir as forças que ocorrem causados por do atrito no molde
Cinemática	Projetar com vistas a maximizar a velocidade de abertura e fechamento do molde com segurança

Caso o projetista ainda deseje informações adicionais para a realização do projeto, ele poderá incluí-las no item 6 do formulário P1. Na Tabela 5.4, constam algumas questões orientativas abertas para suportar essa atividade.

Tabela 5.4 – Questões orientativas abertas para informações extras dos requisitos do cliente

Atributos	Questões orientativas abertas
Geométricos	Há alguma especificação em relação ao sistema de alimentação já estabelecido?
	Há alguma especificação em relação ao sistema de refrigeração já estabelecido?
	Há alguma especificação em relação ao sistema de saída de gases já estabelecido?
	Há alguma especificação em relação ao sistema de extração já estabelecido?
	Há alguma especificação em relação aos acessórios já estabelecidos?
	Há alguma especificação em relação à câmara quente já estabelecida?
Material	Há alguma especificação em relação aos materiais dos componentes do molde já estabelecidos?
	Há alguma especificação em relação ao tratamento térmico e de superfície dos componentes do molde já estabelecido?
Peso (ou massa)	Há alguma restrição da máquina injetora em relação ao peso do molde?
Forças	Qual a pressão máxima da máquina injetora?
Cinemática	Há alguma restrição quanto à movimentação do molde na máquina injetora?
Sinais	Há necessidade de se controlar a temperatura do molde?
	Há necessidade de se monitorar outros dados do molde?
Montabilidade	Deverá haver algum cuidado em especial na geometria para que o componente injetado seja montado sem dificuldades?
Tansportabilidade	Há restrições em relação ao transporte do molde devido ao seu peso ou dimensão?
	Há alguma especificação de como o molde deverá ser embalado para o transporte?

5.4.1.2 - Atividade 3.1.2: Definir os requisitos de projeto

Essa atividade tem como objetivo traduzir os requisitos do cliente, muitas vezes expressos de maneira qualitativa e em termos subjetivos para uma linguagem técnica de engenharia denominada requisitos de projeto.

Para o caso do desenvolvimento de moldes de injeção, muitos dos requisitos dos clientes já são expressos na linguagem técnica, simplificando o trabalho de conversão dessa atividade, quando comparada com a definição de requisitos de projeto de outros produtos.

Para a realização dessa atividade, o projetista poderá utilizar como base a Tabela 5.5, que relaciona alguns atributos com os requisitos de projeto aplicados ao desenvolvimento de moldes de injeção.

Conforme descrito no item 5 do formulário P1 (Figura 5.31), será elaborada uma pesquisa em relação ao grau de importância dos requisitos do cliente. A Tabela 5.3 relaciona algumas questões orientativas, assim o cliente informará o grau de importância (de 1, para pouco importante, a 5, para muito importante) do requisito.

Os requisitos do cliente com seus valores de importância serão utilizados para obtenção da prioridade dos requisitos de projeto.

Para realizar a classificação dos requisitos de projeto, de acordo com o nível de importância dos requisitos do cliente, será usada a primeira matriz do método QFD (Desdobramento da Função Qualidade), que é a matriz da casa da qualidade.

Tabela 5.5 – Lista de requisitos de projeto para o desenvolvimento de moldes de injeção
(Continua)

Atributos	Requisitos de projeto
Funcionamento	Tipo do molde de injeção
	Determinação dos parâmetros de processo
Qualidade	Acabamento do componente injetado
	Regiões onde o componente não deverá apresentar marcas
	Realização da análise reológica
	Qualidade da aparência do componente injetado
	Projeto do molde de acordo com as tolerâncias desejadas
	Textura do componente injetado
	Prazo de desenvolvimento
Custo	Custo meta especificado
Segurança	Proteção de elementos móveis externos
Confiabilidade	Cumprimento da qualidade e do prazo
Normalização	Normas técnicas específicas do componente injetado que deverão ser consideradas no projeto do molde de injeção
Modularidade	Intercambiabilidade dos componentes do molde, visando à fabricação de diferentes componentes injetados
Aparência	Acabamento externo do molde
	Identificação do molde
Desempenho	Vida útil do molde
	Resistência à tração dos componentes do molde
	Resistência à compressão dos componentes do molde
	Resistência ao cisalhamento do molde
	Resistência à flexão dos componentes do molde
	Resistência à torção dos componentes do molde
	Resistência ao impacto dos componentes do molde
Resistência ao desgaste dos componentes do molde	
Fabricabilidade	Número de cavidades que o molde deverá possuir
	Volume anual de produção
	Tempo máximo do ciclo de injeção
	Facilidade de fabricação do componente injetado
Montabilidade	Projetar com vistas à montabilidade do componente injetado
Transportabilidade	Tempo máximo de montagem do molde na máquina injetora
	Peso máximo do molde em relação ao transporte
	Dimensão máxima do molde em relação ao transporte
Armazenabilidade	Tipo da embalagem do molde
	Facilidade de armazenamento
Mantenabilidade	Menor tempo de manutenção
	Menor número de componentes visando à mantenabilidade
	Intercambiáveis dos componentes
	Tempo de desmontagem da placa cavidade superior
Reciclabilidade	Tempo de desmontagem da placa cavidade inferior
	Utilização de materiais recicláveis

Tabela 5.5 – Lista de requisitos de projeto para o desenvolvimento de moldes de injeção (Continuação)

Atributos	Requisitos de projeto
Descartabilidade	Utilização mínima de materiais não recicláveis nos componentes do molde
Geométricos	Largura máxima do molde
	Altura máxima do molde
	Abertura máxima do molde
	Tipo do sistema de alimentação
	Tipo do sistema de refrigeração
	Tipo do sistema de saída de gases
	Tipo do sistema de extração
	Especificação dos acessórios
	Especificação em relação à câmara quente
	Acessórios para a câmara quente
	Gravações no molde
	Diâmetro do anel centralizador da máquina injetora
	Dimensão das abas para fixação do molde na máquina injetora
	Tipo do batente do extrator da máquina injetora
Material	Material polimérico que será utilizado e seu fabricante
	Contração do material polimérico
	Cor única do material polimérico
	Variadas cores do material polimérico
	Tipos dos materiais dos componentes do molde
	Tipos dos tratamentos térmico e de superfície dos componentes do molde
Peso (ou massa)	Massa máxima do componente injetado
Forças	Tipo da máquina injetora
	Distância entre as colunas da máquina injetora
	Curso de extração da máquina
	Força de fechamento máxima da máquina injetora
	Pressão máxima da máquina injetora
	Capacidade de injeção da máquina injetora
	Capacidade de plastificação da máquina
Cinemática	Restrição quanto à movimentação do molde na máquina injetora
Sinais	Tipo de controle à temperatura do molde
	Outros tipos de monitoramento no molde

A Figura 5.32 mostra o formulário de elaboração da casa da qualidade (QFD) – P2, em que no primeiro bloco deverá conter os requisitos do cliente; no segundo bloco, os requisitos de projeto; no terceiro bloco, o grau de importância dos requisitos do cliente obtidos por meio do formulário P1; no bloco quatro, o relacionamento entre os requisitos do cliente e de projeto, estabelecidos pela equipe de desenvolvimento; e no quinto bloco, a identificação do grau de importância dos requisitos de projeto.

Para o estabelecimento da matriz da casa da qualidade, é necessária uma reunião entre a equipe de desenvolvimento do molde, para serem atribuídas as relações entre os requisitos do cliente e os requisitos de projeto na matriz da casa da qualidade. As relações poderão seguir a seguinte escala: 0 para nenhuma correlação, 1 para correlação fraca, 3 para médias e 9 para fortes. Por exemplo a relação entre o requisito do cliente A com o requisito de projeto A é de fraca, ou seja, possui valor igual a 1.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Formulário para elaboração da casa da qualidade (QFD) – P2							
Data: __/__/__	Cliente:			Projeto número:			
Denominação do componente injetado:							
Participantes:							
	2						
Requisitos de Projeto	Requisito de Projeto A	Requisito de Projeto B	Requisito de Projeto C				Grau de importância do cliente
4							
Requisitos dos clientes							
Requisito A do cliente	1	3	9			3	2
Requisito B do cliente	9	1	3				5
1							
Valoração do grau de importância dos requisitos do produto	47	11	33				5
Posição	1°	3°	2°				

Figura 5.32 – Formulário de elaboração da casa da qualidade (QFD) – P2

Para a obtenção do grau de importância do requisito de projeto A, tem-se a multiplicação da relação entre os requisitos A do cliente e de projeto A (1) com o grau de importância (2), somado com o resultado da multiplicação da relação entre o requisito B do cliente e de projeto A (9) com o grau de importância (5); o resultado obtido desse processo é o valor do grau de importância do requisito de produto.

Após o resultado da matriz da casa da qualidade, os requisitos podem ser organizados em ordem de prioridade.

Com os requisitos de projeto em ordem de prioridade, a equipe de projeto definirá quais os requisitos que deverão ter prioridade no desenvolvimento do molde. Essa definição poderá ser baseada por meio de uma análise do escopo do produto e de projeto.

5.4.1.3 - Atividade 3.1.3: Analisar os projetos similares realizados

Essa atividade consiste na análise de projetos anteriores elaborados pelo fabricante e serve como fonte de consulta para as soluções de projeto adotadas, procurando assim minimizar possíveis erros.

Essa atividade é importante, pois o projetista poderá visualizar em projetos anteriores as soluções e os resultados. Tal processo torna-se imprescindível, visto que resgata experiências anteriores, adequando os requisitos de projetos, caso necessário.

Para analisar os projetos anteriores, elaborou-se formulário de projetos realizados – C4, apresentado na fase 1 do modelo de referência, que pode ser visualizado na Figura 5.9.

5.4.1.4 - Atividade 3.1.4: Estabelecer as especificações de projeto

Essa atividade tem como objetivo a determinação do conjunto de informações completas e sem ambigüidades – denominadas de especificações de projeto –, que deve refletir as características que o molde de injeção deverá ter para atender a solicitação do cliente e que serão utilizadas para o desenvolvimento do projeto conceitual.

Como suporte dessa atividade, propõe-se o formulário de especificação de projeto do molde de injeção –P3, que pode ser visualizado na Figura 5.33.

No formulário, além das informações gerais do projeto, constam as especificações de projeto, objetivo a ser alcançado, sensor e a situação indesejável. Por exemplo:

- a) **especificação do molde:** altura máxima do molde;
- b) **objetivo:** 1.000 mm;
- c) **sensor:** trena;
- d) **situação indesejável:** altura maior que o especificado impossibilitando a entrada do molde na máquina injetora e gerando um retrabalho do molde no fabricante de moldes.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC Formulário de especificação de projeto do molde de injeção – P3			
Data: __/__/__		Realizado por:	Cliente:
Denominação do componente injetado:		Projeto número:	
Especificações	Objetivo	Sensor	Situação indesejável

Figura 5.33 – Formulário de especificação de projeto do molde de injeção – P3

5.4.1.5 - Atividade 3.1.5: Avaliar e aprovar o projeto informacional

Essa atividade pretende avaliar e aprovar os resultados obtidos no projeto informacional, para que se assegure que as próximas subfases do projeto do molde sejam realizadas sem problemas.

Tal etapa é efetuada por meio de análise das informações obtidas dos formulários, das especificações do molde de injeção, da declaração do escopo do produto e do plano de desenvolvimento. É preciso verificar também se as informações necessárias para a continuidade do projeto estarão disponíveis.

A realização dessa atividade terá como suporte o formulário de avaliação e aprovação do projeto informacional - P4, que pode ser visualizado na Figura 5.34.

Em uma reunião com o gerente do projeto, o responsável pela área de moldes e o projetista do molde, o formulário deverá ser preenchido.

Além dos dados gerais, serão avaliados os formulários P1, P2 e P3, em relação à obtenção clara das informações a serem utilizadas na seqüência do projeto.

Caso haja dúvidas em relação a algum item, um plano de ação deverá ser descrito e realizado, sendo necessária mais uma reunião para a aprovação do projeto informacional.

Na reunião também deverá ser preenchido o formulário PL6 de avaliação da qualidade, que já foi discutido anteriormente.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Formulário de avaliação e aprovação do projeto informacional – P4											
Data: __/__/__		Denominação do componente injetado:									
Cliente:					Projeto número:						
Participantes: Gerente do projeto: _____ Responsável pela área de projeto: _____											
Projetista de moldes: _____											
O formulário está preenchido?		SIM	NÃO	O formulário está preenchido?		SIM	NÃO	O formulário está preenchido?		SIM	NÃO
P1				P2				P3			
Itens a analisar				Sim	Não	Ações		Responsável		Data	
1- O formulário P1 está totalmente preenchido?											
1.1- Há necessidade de maiores informações ?											
2- O formulário P2 de elaboração do QFD foi devidamente realizado?											
2.1- Há dúvidas ou necessidade de alteração ?											
3- As especificações do molde do formulário P3 estão totalmente preenchidas?											
3.1- Há necessidade de alteração ?											
4- As especificações do molde estão de acordo com o escopo do produto?											
4.1- Há necessidade de alteração ?											
5- O prazo está de acordo com o planejado?											
5.1- Há necessidade ações para compesar o atraso?											
6- Há necessidade de terceirização de alguma atividade?											
7- Há necessidade de alguma informação adicional?											

Figura 5.34 – Formulário de avaliação e aprovação do projeto informacional – P4 (Continua)

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Formulário de avaliação e aprovação do projeto informacional – P4	
Data: __/__/__	Denominação do componente injetado:	
Cliente:	Projeto número:	
Participantes: Gerente do projeto: _____ Responsável pela área de projeto: _____		
Projetista de moldes: _____		
Observações:		
Aprovação		
Avaliado em: __/__/__	Aprovado em: __/__/__	
Assinatura dos presentes:		
Gerente do projeto: _____		
Responsável pela área de projeto: _____		
Projetista de moldes: _____		

Figura 5.34 – Formulário de avaliação e aprovação do projeto informacional – P4 (Continuação)

5.4.1.6 - Atividade 3.1.6: Atualizar os planos de desenvolvimento

A atividade de atualização informará os envolvidos no projeto o seu atual estágio, possibilitando ao gerente de projeto analisar se haverá necessidade ou não de alteração no cronograma do plano de desenvolvimento ou de outras ações para que o projeto seja finalizado na data estabelecida.

Essa atividade será realizada pelo projetista, por meio da atualização dos formulários PL2, PL3 e PL5.

Ao final das subfases dos projetos conceitual, preliminar e detalhado, e também ao final da fase de fabricação e de certificação, a atividade de atualização dos planos de desenvolvimento será realizada.

Finalizado o projeto informacional, ocorre na seqüência a **subfase 3.2 de realizar o projeto conceitual**.

5.4.2 - Subfase 3.2: Realizar o projeto conceitual

Com base nos resultados do projeto informacional e com o plano de desenvolvimento do molde, segue-se com o projeto conceitual, que tem como finalidade consolidar a concepção dos sistemas do molde de injeção, pois de forma macro o conceito do molde já foi estabelecido na fase 1 de contratação. Esse procedimento é próprio do setor de moldes, pois para a especificação do orçamento do molde, vários de seus conceitos precisam ser previamente estabelecidos, como foi mostrado na fase 1.

Conforme constatado na pesquisa de campo e na revisão de literatura, as seqüências das atividades de projetos diferem de empresa para empresa e de autor para autor, necessitando assim de um modelo de referência a ser adotado no projeto do molde de injeção.

Aliado a esse fator, de acordo com a pesquisa exploratória (Apêndice D), há carência de mão-de-obra capacitada para a realização de projetos de moldes. Portanto, o desenvolvimento de ferramentas de apoio ao projeto é importante no sentido de auxiliar o projetista.

Pretende-se, assim, que o projeto conceitual apresentado estabeleça a seqüência das atividades de projeto e que, com o auxílio das ferramentas propostas, dê suporte aos projetistas de moldes na realização de suas atividades, diminuindo os custos de retrabalho devidos a considerações errôneas de projeto.

As atividades que serão desenvolvidas no projeto conceitual são: consolidar, avaliar e aprovar o conceito do molde e atualizar os planos de desenvolvimento.

5.4.2.1 - Atividade 3.2.1: Consolidar o conceito do molde

Essa atividade consiste em desenvolver um estudo de adequação dos sistemas que compõem o molde de injeção (refrigeração, extração, alimentação, saída de gases), ou seja, realizar uma melhor definição dos sistemas.

Para a consolidação do conceito do molde de injeção devem ser consideradas as seguintes tarefas:

- a) validar a localização da linha de fechamento do molde;
- b) determinar o leiaute das cavidades;
- c) estabelecer os conceitos dos sistemas de alimentação, refrigeração, extração e saídas de gases.

A seqüência das tarefas citadas anteriormente, são propostas pelo autor desta tese, baseada na revisão bibliográfica e nas pesquisas realizadas nas empresas de molde.

Elaboram-se a validação e a localização da linha de fechamento por meio de uma análise do esboço do molde, realizado no formulário PL1a, considerando agora as especificações de projeto do formulário P3.

Segundo Harada (2004) e Rees (1995), devem-se observar as seguintes questões para a validação e a localização da linha de fechamento:

- a) Há furos no componente injetado que não estão na direção da extração?
- b) O componente injetado fica no lado móvel do molde no momento da abertura com a finalidade de simplificar e facilitar o projeto do sistema de extração?
- c) O valor da força de fechamento para o molde, considerando a área projetada do componente injetado multiplicada pela pressão de injeção, é inferior a 80% do valor máximo de força de fechamento da máquina injetora? (ver exemplo no Apêndice F item F.6)
- d) Caso haja necessidade de elementos móveis no molde, eles poderiam ser eliminados alterando a posição da linha de fechamento?
- e) Alterando a localização da linha de fechamento, a força necessária para o fechamento do molde pode diminuir?
- f) É aceitável a ocorrência de marcas no componente injetado na região determinada para a linha de fechamento?
- g) Haverá interferência na extração do componente injetado?
- h) A usinagem das placas cavidades pode ser facilitada alterando a linha de fechamento?
- i) O operador da máquina injetora poderá ter fácil acesso quando o molde estiver aberto?

Na determinação do leiaute das cavidades, a informação inicial é o número de cavidades estabelecido na especificação do projeto.

Caso o molde seja apenas para um componente injetado por ciclo, deve-se considerar a geometria do componente na região central do molde. Se para o projeto são previstos dois ou mais componentes injetados por ciclo, a disposição para canais de alimentação sem a utilização de câmara quente é apresentada no Apêndice K.

É importante para o leiaute das cavidades do moldes a obtenção de um preenchimento uniforme durante o processo de injeção, e essa condição é obtida pela disposição uniforme das cavidades.

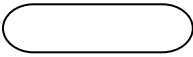
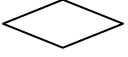


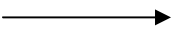
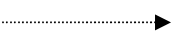

Para moldes com mais de duas cavidades e com elevado ciclo de produção, a utilização de câmara quente é recomendável, visto que elimina o canal frio de alimentação. Com isso, o volume de material polimérico a ser inserido dentro do molde é menor, diminuindo assim o tempo de refrigeração e aproveitando de maneira mais eficiente a capacidade de injeção da máquina, pois somente será necessário material na cavidade do molde.

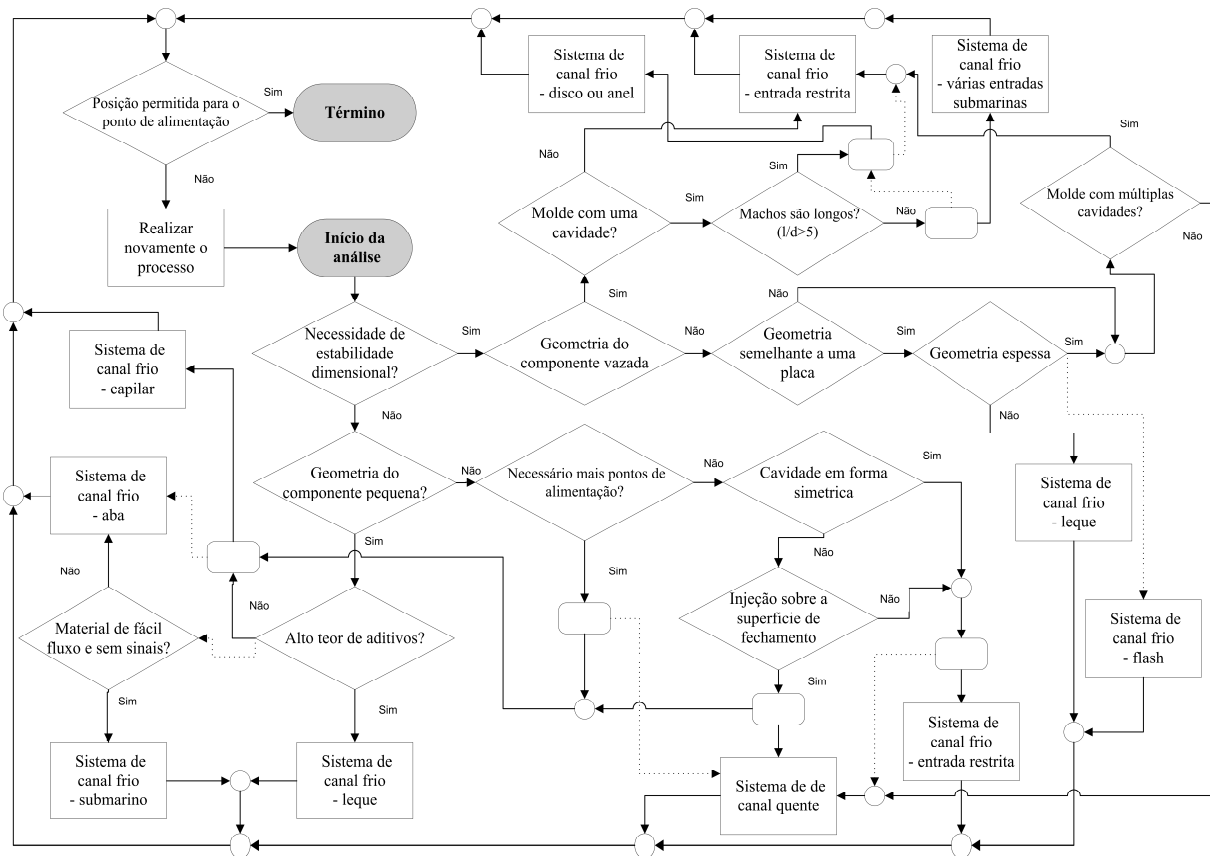
Para o **estabelecimento do conceito do sistema de alimentação**, utiliza-se o diagrama de auxílio à decisão para sistemas de alimentação – D1. (Figura 5.35), adaptado de Godec, Catic e Perkovic (2000), com as considerações de Centimfe (2003) e Harada (2004).

A fim de apoiar o estabelecimento dos conceitos dos sistemas de refrigeração e extração, foram desenvolvidos os outros diagramas (D2 e D3), baseados nas considerações de Centimfe (2003) e Harada (2004), que serão mostrados na seqüência.

Anteriormente à utilização dos diagramas é necessária a compreensão do significado dos símbolos de fluxograma utilizados, assim a Tabela 5.6, apresenta os significados dos símbolos utilizados.

Tabela 5.6 – Significado dos símbolos utilizados (Adaptado de Marinbondo, 2000)

Símbolos	Significado dos símbolos
	Início ou fim de um processo
	Avaliação dentro do processo
	Conector
	Processo alternativo
	Indica a seqüência do processo
	Indica uma alternativa do processo
	Alternativa sugerida



l=comprimento; d = diâmetro.

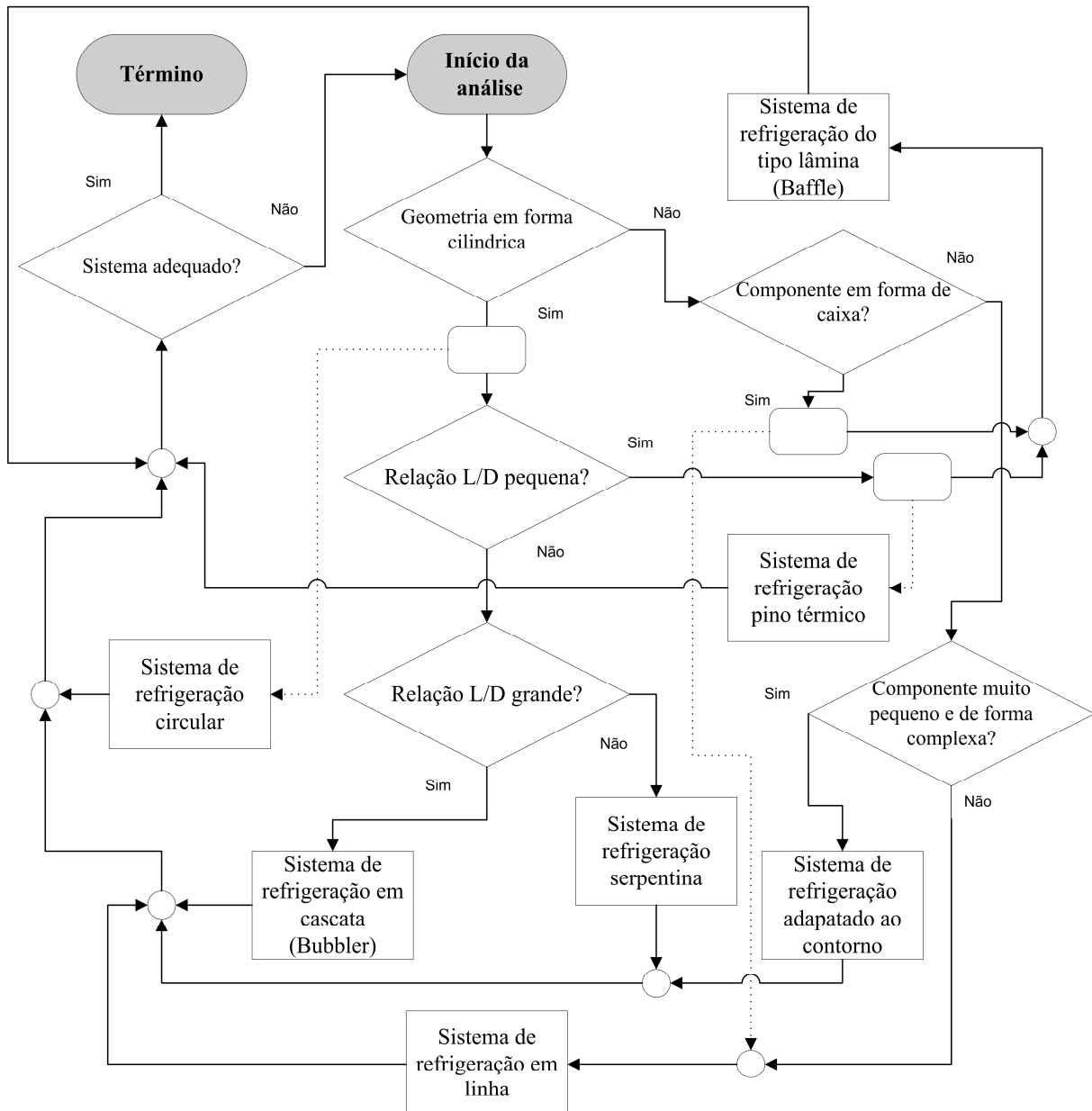
Figura 5.35 – Diagrama de auxílio à decisão para sistema de alimentação – D1 (Adaptado de Godec, Catic e Perkovic, 2000)

No diagrama D1, notam-se os tipos de canais de alimentação mais usuais em componentes injetados; a análise inicia no quadro denominado “Início da análise”. No decorrer da análise são feitas várias perguntas, a fim de relacionar a geometria com o melhor formato do canal.

Por exemplo, caso o componente não necessite de precisão dimensional, que possua pequena geometria e que seja utilizado com material plástico com um alto teor de fibra, o sistema indicado é o canal frio com a entrada em leque.

Para o **estabelecimento do conceito do sistema de refrigeração** do molde de injeção, será utilizado o diagrama de auxílio à decisão para sistema de refrigeração – D2 (Figura 5.36).

O diagrama representa as considerações do projetista de molde em relação ao sistema de refrigeração que será utilizado no molde.



L=comprimento; D = diâmetro.

Figura 5.36 – Diagrama de auxílio à decisão para sistema de refrigeração – D2

Se o componente injetado, por exemplo, possuir uma geometria cilíndrica com uma relação de comprimento por diâmetro pequeno, a refrigeração indicada é a do tipo *Baffle*.

Para o **estabelecimento do conceito do sistema de extração** do componente injetado do molde de injeção, utiliza-se o diagrama de auxílio à decisão para sistemas de extração – D3 (Figura 5.37).

O diagrama representa possíveis soluções de projeto em relação ao sistema de extração. Assim, de acordo com a geometria do componente injetado, será recomendada uma melhor configuração do sistema extrator. Por exemplo, para um componente injetado com nervura fina, o sistema indicado é o de extração por lâmina.

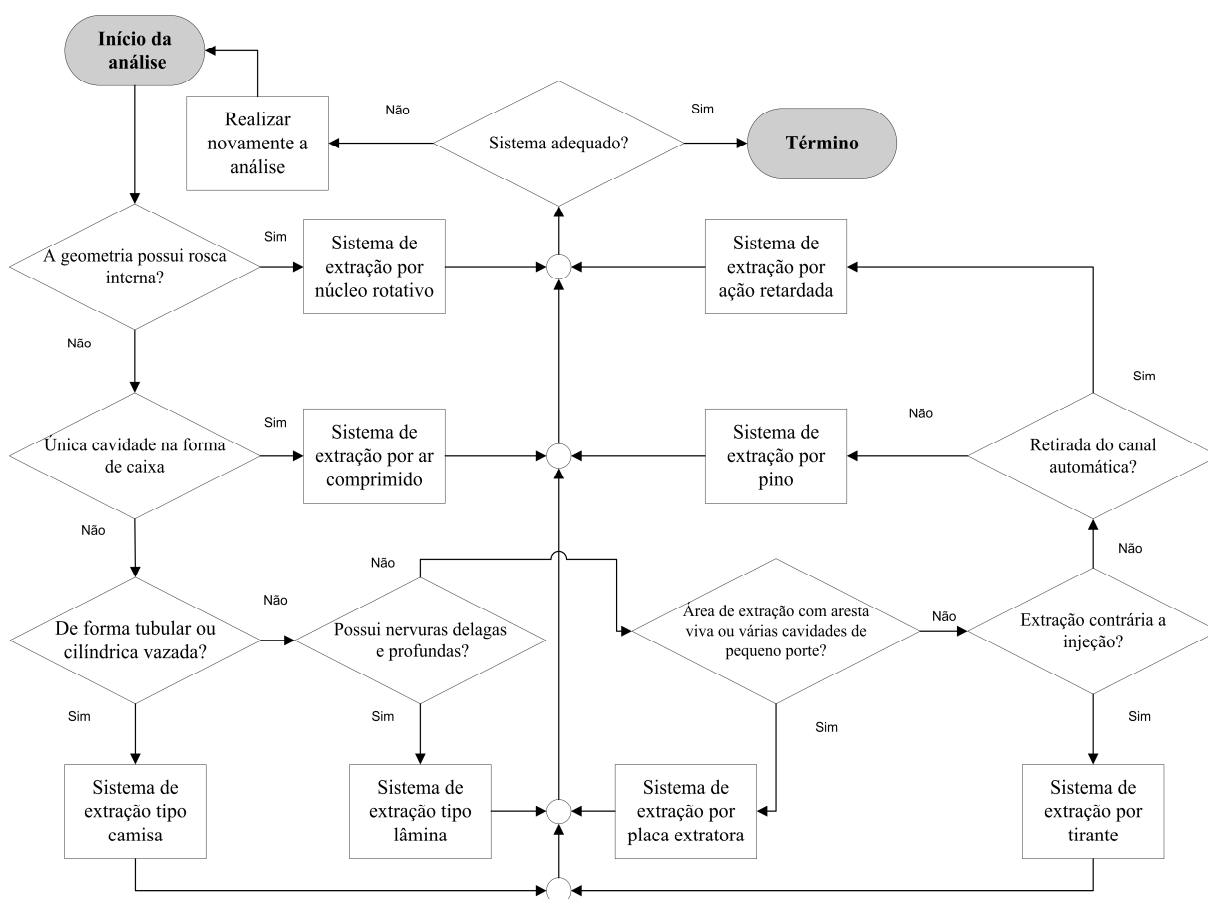


Figura 5.37 – Diagrama de auxílio à decisão para sistema de extração – D3

No que se refere ao **conceito do sistema de saída de gases**, deverão ser observadas as seguintes considerações na ordem apresentada:

- possibilidade de saída de gases pelas faces das placas cavidades;
- saída de gases através das faces de união dos componentes do molde;
- saída de gases através de folgas nos pinos extratores e em suas buchas;
- previsão de pinos em regiões específicas para a saída de gases;
- previsão de materiais com microporos, possibilitando a saída de gases.

5.4.2.2 - Atividade 3.2.2: Avaliar e aprovar o conceito do molde

Consiste em uma análise crítica do projeto conceitual do molde, verificando a adequação dos sistemas do molde (alimentação, refrigeração, extração e saída de gases).

Com o intuito de suportar essa atividade, pode-se utilizar o formulário de análise e aprovação do projeto conceitual – P5 (Figura 5.38), desenvolvido com base nas recomendações de verificação de projeto dos trabalhos de Dym (1987), Rees (1995) e Harada (2006).

No formulário P5, o responsável pela área de projeto e o projetista de moldes analisam cada item, que será aprovado ou readequado.

Constam do formulário, além de dados gerais do projeto, vários itens a serem analisados, por exemplo, se a linha de fechamento do molde é adequada para não produzir marcas no componente injetado. Caso esteja adequada, marca-se a coluna SIM; em seguida passa-se para o próximo item. Caso não seja adequada, anota-se NÃO, e, no campo de ações, serão listadas as providências a serem tomadas, além da indicação da pessoa responsável pela data limite para a resolução da ação.

Estando todos os itens conferidos e respondidos positivamente, o projeto conceitual será aprovado.

Caso algum item da lista de verificação seja negativo, a equipe deverá avaliar as ações e, caso necessário, definir uma nova data para a aprovação do projeto conceitual do molde.

Nessa atividade, também deverá ser preenchido o formulário PL6 (Figura 5.22) da garantia da qualidade, discutido anteriormente.

5.5.2.3 - Atividade 3.2.3: Atualizar os planos de desenvolvimento

Tal atividade consiste na atualização do plano de desenvolvimento do molde por meio dos formulários PL2, PL3 e PL5. (Conforme discutido anteriormente).

5.4.3 - Subfase 3.3: Realizar o projeto preliminar

O projeto preliminar caracteriza-se por apresentar recomendações gerais e específicas para a especificação preliminar dos valores das variáveis de projeto dos componentes do molde e dos sistemas de alimentação, refrigeração, extração e saída de gases. Apresenta-se importante, pois, de acordo com a pesquisa de campo, essa especificação é realizada em grande parte de forma subjetiva, prejudicando assim possíveis melhoras em relação ao desempenho do molde.

Um potencial problema na fase de fabricação constatado na pesquisa é o de retrabalho devido a erros de projeto. Assim, a importância do projeto preliminar também reside em melhor especificar dimensões, tolerâncias, acabamentos e outros valores de variáveis que influenciam nos trabalhos de fabricação do molde, evitando-se o retrabalho.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Formulário de avaliação e aprovação do projeto conceitual – P5						
Data: __/__/__		Denominação do componente injetado:				
Cliente:			Projeto número:			
Participantes: Responsável pela área de projeto: _____			Projetista de moldes: _____			
Itens a analisar	Sim	Não	Ações	Responsável	Data	
1- A linha de fechamento é adequada para não provocar marcas?						
2- A localização do ponto de injeção é adequada para não provocar marcas na região especificada pelo cliente?						
3- As marcas ou linhas conseqüentes de blocos de ferramentas e extratores são visualmente aceitáveis?						
4- As marcas de linhas de fluxo ou de solda que possam ocorrer serão aceitáveis?						
5- A linha de solda é adequada para não fragilizar uma área crítica do componente injetado?						
6- A localização do ponto de injeção é adequado para não provocar o efeito "jetting" ²⁰ ?						
7- A capacidade da máquina é adequada para a massa do componente e dos canais?						
8- A capacidade de produção esperada é compatível com a capacidade de plastificação da máquina injetora?						
9- A força de fechamento da injetora é suficiente em relação à área projetada do componente injetado e dos canais?						
10- A dimensão do molde poderá passar entre as colunas da injetora?						
11- O curso de abertura da injetora é suficiente para extração da peça?						
12- Material da placa cavidade superior e inferior é adequado para o termoplástico?						
13- O leiaute do componente injetado está balanceado no molde?						
14- O sistema de extração compatível com a injetora?						
15- O componente injetado permanecerá no lado de extração quando o molde abrir?						
16- O canal de injeção será retido no lado da extração?						
17- O sistema de refrigeração é o adequado?						
18- O sistema de extração é o indicado?						

Figura 5.38 – Formulário de avaliação e aprovação do projeto conceitual – P5 (Continua)

²⁰ Efeito "Jetting": Ver Apêndice M.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Formulário de avaliação e aprovação do projeto conceitual – P5						
Data: __/__/__		Denominação do componente injetado:				
Cliente:			Projeto número:			
Participantes: Responsável pela área de projeto: _____			Projetista de moldes: _____			
Itens a analisar	Sim	Não	Ações	Responsável	Data	
19- O sistema de alimentação é o indicado?						
20 - O sistema de saída de gases está previsto?						
21- Alguma seção espessa no componente poderá causar rechupe ²¹ e marcas inaceitáveis?						
22- A linha de divisão da ferramenta é a mais eficiente para a operação e construção do molde?						
23- O mecanismo de extração é adequado para o sistema extrator da injetora?						
24- Nos componentes divididos e núcleos móveis, a pressão exercida será resistida?						
25- Para regiões de concentração de massa, uma melhor refrigeração está prevista?						
26- Há alguma limitação tecnológica para o desenvolvimento do molde ?						
27- As especificações técnicas estão contempladas?						
28- Haverá necessidade de terceirização de alguma atividade? Qual?						
29- Há necessidade de alguma informação adicional?						
Observações:						
Aprovação						
Aprovado em: __/__/__						
Assinatura dos presentes:						
Responsável pela área de projeto: _____			Projetista de moldes: _____			

Figura 5.38 – Formulário de avaliação e aprovação do projeto conceitual – P5 (Continuação)

²¹ Rechupe: Ver Apêndice M.

O projeto preliminar será orientado pelos planos P3, PL2, PL3 e PL5. Essa subfase apresenta as seguintes atividades: projetar as placas cavidades e os sistemas de alimentação, refrigeração, extração e saída de gases.

Segundo Mesquita, Simões e Cruz (1999), para o projeto de moldes de injeção, o projetista deve considerar as seguintes recomendações:

- a) prever as superfícies geométricas do molde com formas que possam ser facilmente obtidas na fabricação;
- b) considerar as formas comerciais dos aços para a confecção dos componentes do molde (por exemplo, circulares, quadrangular, tubos, perfis);
- c) realizar a especificação de compra de material com sobremedida, com a finalidade de minimizar a remoção de material pela usinagem;
- d) especificar materiais comercialmente fáceis de serem encontrados no mercado;
- e) projetar os componentes visando ao mínimo de operações de fabricação;
- f) projetar os componentes que possam ser fabricados em uma só máquina, a fim de evitar transporte desnecessário;
- g) minimizar o número de componentes do molde, reduzindo o tempo de fabricação e de manutenção;
- h) evitar formas geométricas que não possam ser fabricadas com as máquinas disponíveis na empresa;
- i) projetar componentes que possam ser montados, desmontados e substituídos rapidamente;
- j) especificar adequadamente as tolerâncias;
- k) não especificar acabamentos superficiais desnecessários;
- l) não projetar componentes que devam ser fabricados em mais de um plano ou eixo de trabalho;
- m) se possível, procurar projetar componentes com mais de uma função.

5.4.3.1 - Atividade 3.3.1: Projetar a placa cavidade superior e inferior

Essa atividade consiste em determinar as dimensões e as tolerâncias das placas cavidades necessárias para que possam ser adequadamente fabricados. É realizada com base nos conceitos do molde definidos anteriormente, em normas de projeto da empresa e na literatura disponível.

Para a realização dessa atividade o projetista de molde deve analisar o formulário de especificação do molde – P3 e o projeto conceitual do molde, para que, seguindo as recomendações gerais descritas em seguida, realize o projeto das placas cavidades.

As recomendações gerais de projeto das placas cavidades, segundo Rees (1995) e Harada (2004), são:

- a) realizar uma análise de projetos similares anteriores;
- b) prever ângulo de saída para o componente injetado para evitar componentes injetados com falhas ou marcas de extração;
- c) definir o acabamento desejado;
- d) prever a contração do material polimérico;
- e) verificar se o fechamento da cavidade e do molde está correto;
- f) projetar visando à melhor usinagem e montagem;
- g) verificar se o material das placas cavidades vai suportar as pressões de injeção;
- h) certificar-se de que o componente injetado fique, na moldagem, na parte móvel do molde.
- i) evitar formas que necessitem de eletrodos para serem obtidas.

5.4.3.2 - Atividade 3.3.2: Projetar o sistema de alimentação

O projeto do sistema de alimentação é baseado no projeto conceitual e determina as dimensões e as tolerâncias do sistema de alimentação, sendo realizada de acordo com possíveis recomendações de projeto do fabricante de moldes e da literatura disponível.

No Apêndice K são transcritas algumas considerações gerais para o projeto dos sistemas de alimentação e para os canais de entrada, baseadas nos trabalhos de Provenza (1993), Rees (1995), Centimfe (2003), Harada (2004) e Beaumont (2004).

5.4.3.3 - Atividade 3.3.3: Projetar o sistema de refrigeração

O projeto do sistema de refrigeração consiste em determinar as dimensões e as tolerâncias do sistema de refrigeração do molde e é baseado no projeto conceitual realizado, na literatura e em possíveis recomendações da empresa.

Segundo Provenza (1993), Rees (1995), Centimfe (2003), Harada (2004) e Beaumont (2004), as considerações gerais e específicas para o projeto do sistema de refrigeração são as descritas no Apêndice K.

5.5.3.4 - Atividade 3.3.4: Projetar o sistema de extração

O projeto de extração é baseado no projeto conceitual, na literatura e em recomendações internas da empresa e consiste determinar as dimensões do sistema de extração do molde.

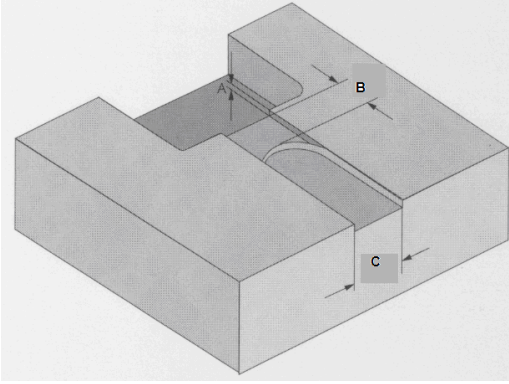
Com base em Provenza (1993), Rees (1995), Centimfe (2003), Harada (2004) e Beaumont (2004), são descritas as recomendações gerais e específicas para o projeto do sistema de extração (Apêndice K).

5.4.3.5 - Atividade 3.3.5: Projetar o sistema de saída de gases

Realizado de maneira similar aos outros sistemas. Em linhas gerais, segundo Rees (1995), Harada (2004), devem-se considerar para o projeto de saída de gases os seguintes itens:

- observar qual será a trajetória do material polimérico na cavidade e prever que no fim da trajetória haverá uma saída de ar;
- a saída de gases deve ser incorporada nas linhas de junção das duas partes do molde. Aconselha-se utilizar uma largura de 3 a 5 mm (dimensão C da Tabela 5.7), com comprimento de 5 a 10 mm (dimensão B da Tabela 5.7) e a profundidade dependente do material polimérico que está sendo utilizado. Na Tabela 5.7 são apresentados os valores recomendados para alguns tipos de materiais.

Tabela 5.7 – Valores recomendados da profundidade “A” de acordo com o material polimérico (Adaptado de Centimfe, 2003)

Material	Profundidade (A) (mm)	Exemplo de saída de gas
ABS, SAN	0,051-0,076	
POM	0,013-0,038	
PMMA	0,038-0,076	
PA	0,013-0,064	
PA – Reforçado	0,013-0,064	
PC	0,025-0,076	
PE	0,025-0,051	
PP	0,025-0,051	
PPO	0,025-0,051	
PPS	0,013-0,025	
PS	0,025-0,076	
PVC – Rígido	0,025-0,076	
PVC – Flexível	0,013-0,051	

5.4.3.6 - Atividade 3.3.6: Avaliar e aprovar o projeto preliminar internamente

Essa atividade consiste em uma análise crítica do projeto preliminar do molde, visando a sua aprovação ou não, além de verificar os resultados encontrados para os sistemas do molde (alimentação, refrigeração, extração e saída de gases).

É realizada internamente pelo gerente de projeto e pelo responsável pelo setor de projeto. Nesse caso, propõe-se o formulário de análise e aprovação do projeto preliminar - P6 (Figura 5.39), em que são considerados vários itens, como, por exemplo, se a bucha de injeção está

projetada com o rebaixo, para a prevenção de deslocamento no momento do processo de injeção.

O critério de aprovação dessa atividade serão todos os itens do formulário P6 avaliados positivamente. Caso algum item do formulário não seja atendido, as ações para a resolução do problema deverão ser registradas e executadas, e uma nova data deverá ser marcada para a aprovação do projeto e uma nova análise da lista de verificação.

Nessa atividade também será preenchido o formulário PL6 da garantia da qualidade.

5.4.3.7 - Atividade 3.3.7: Aprovar o projeto preliminar perante o cliente

Após a validação interna do projeto preliminar do molde (atividade 3.3.6), uma reunião com o cliente será realizada para a apresentação e discussão das soluções adotadas nos componentes do molde e em seus sistemas, que resultará na aprovação ou não do projeto preliminar.

Quando o cliente possui em sua equipe pessoas com experiência no desenvolvimento de molde, a troca de informações em relação aos detalhes do projeto é elevada. Caso a empresa não tenha pessoa qualificada para a discussão, será explicada a solução adotada.

O critério de aprovação que será defendido na apresentação do projeto ao cliente é a realização do componente injetado solicitado, atendendo a todas as especificações desejadas.

Após a aprovação, por escrito, do cliente, o processo do desenvolvimento poderá prosseguir. Caso seja necessário alterar o projeto preliminar, as modificações deverão ser anotadas e realizadas, podendo ou não ser necessário o agendamento de uma nova reunião para a aprovação.

5.5.3.8 - Atividade 3.3.8: Atualizar os planos de desenvolvimento

Conforme discutido anteriormente, é a atualização do plano de desenvolvimento do molde e serve para informar a equipe de desenvolvimento do atual estágio do projeto, possibilitando ações por parte do gerente de projeto. É realizada por meio da atualização do formulário PL2, PL3 e PL5 pelo projetista.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Formulário de avaliação e aprovação do projeto preliminar – P6					
Data: __/__/__		Denominação do componente injetado:			
Cliente:			Projeto número:		
Participantes: Gerente do projeto _____			Responsável pela área de projeto: _____		
Itens a analisar	Sim	Não	Ações	Responsável	Data
MÁQUINA					
1- A fixação do molde na máquina injetora está conforme necessidade do cliente (troca rápida)?					
2- O diâmetro do anel de centragem está de acordo com a injetora?					
3- O sistema de movimentação da máquina irá suportar o molde?					
SEGURANÇA DO MOLDE					
4- Foi prevista tela de proteção dos cilindros hidráulicos/pneumáticos?					
5- Foi prevista tela de proteção nas aberturas da placa extratora?					
MOLDE					
6- Os ângulos de saída das placas cavidade superior e inferior estão adequados?					
7- O sistema de alimentação está dimensionado corretamente?					
8- O sistema de refrigeração está dimensionado corretamente?					
9- O sistema de extração está dimensionado corretamente?					
10- O preenchimento ocorrerá sem a necessidade de facilitadores de fluxo?					
11- Os componentes do molde estão adequados e simplificados?					
12- Os processos de fabricação necessários são disponíveis na empresa?					
13- Componentes padrões foram utilizados?					
14- O projeto garante que o componente injetado não terá rebarbas?					
15- O projeto garante que os componentes de menor dimensão não se deformarão?					
16- O preenchimento do componente injetado será realizado sem a necessidade de direcionadores de fluxo?					

Figura 5.39 – Formulário de avaliação e aprovação do projeto preliminar – P6 (Continua)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Formulário de avaliação e aprovação do projeto preliminar – P6						
Data: __/__/__		Denominação do componente injetado:				
Cliente:			Projeto número:			
Participantes: Gerente do projeto _____			Responsável pela área de projeto: _____			
Itens a analisar	Sim	Não	Ações	Responsável	Data	
17- As nervuras serão extraídas com facilidade?						
18- Há simplificação no molde em relação ao acesso de manutenção?						
19- Os componentes que serão submetidos a tratamentos estão identificados?						
20- A quantidade de extratores está adequada?						
22- O curso de extração é suficiente?						
23- O sistema de extração está com mecanismo de retorno?						
24- O canal de injeção irá ser retido e extraído?						
25- As placas extratoras estão com batentes?						
26- As saída de gases são suficientes?						
27- O fechamento das placas cavidade superior e inferior estão adequados?						
28- A capacidade de fechamento da injetora é suficiente em relação à área projetada das moldagens e dos canais de distribuição?						
29- A linha de divisão da ferramenta é a mais eficiente para a operação e construção do molde?						
30- As placas cavidades foram projetadas para tornar a usinagem o mais eficiente e com o equipamento disponível?						
31- As placas cavidade são de resistência adequada para suportar a pressão a que estará sujeita?						
32- A construção da ferramenta é tal que estará livre de qualquer rebarba horizontal?						
33- As colunas do molde dão apoio suficiente para a placa da matriz de modo a evitar distorção sob a pressão da cavidade?						
34- Podem todas as partes da ferramenta ser desmontadas e separadas no caso de avaria ou modificação da ferramenta?						

Figura 5.39 – Formulário de avaliação e aprovação do projeto preliminar – P6 (Continuação)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Formulário de avaliação e aprovação do projeto preliminar – P6					
Data: __/__/__		Denominação do componente injetado:			
Cliente:			Projeto número:		
Participantes: Gerente do projeto _____			Responsável pela área de projeto: _____		
Itens a analisar	Sim	Não	Ações	Responsável	Data
35- As dimensões da ferramenta serão capazes de produzir moldagens dentro das tolerâncias especificadas para a peça?					
36- A moldagem permanecerá no lado de extração quando o molde abrir-se?					
37- Caso o molde tenha insertos, os mesmos estão bem colocados impedidos de se moverem durante a abertura e fechamento da cavidade e sob o fluxo do material plástico?					
38- Caso seja necessário foram previstos ganchos e poços frios para os canais de alimentação?					
39- O projeto garante para casos de moldes fora de centro, a força de desbalanceamento não será excessiva?					
40- Está previsto um anel de localização na placa no lado de injeção?					
41- A ponta esférica e o orifício do bico do cilindro ajustam-se bem com o assentamento esférico e o furo de bucha do canal?					
42- O projeto garante que os extratores retornem antes das partes moveis fecharem?					
43- A bucha de injeção está projetada com rebaixo?					
44- Todos os componentes do molde podem ser fabricados sem dificuldades?					
45- A montagem do molde será facilitada?					
Observações:					
Aprovação					
Avaliado em: __/__/__			Aprovado em: __/__/__		
Assinatura dos presentes: Gerente do projeto: _____			Responsável pela área de projeto: _____		

Figura 5.39 – Formulário de avaliação e aprovação do projeto preliminar – P6 (Continuação)

5.4.4 - Subfase 3.4: Realizar o projeto detalhado

A subfase de projeto detalhado consta da realização dos desenhos detalhados dos componentes do molde, com a indicação de todas as cotas necessárias para a fabricação e a elaboração dos desenhos de montagem do molde, seguindo o plano de desenvolvimento.

É realizada tendo as seguintes atividades: detalhar as placas cavidades e demais componentes do molde, **avaliar e aprovar o projeto detalhado e autorizar a fabricação dos componentes do molde**, finalizando com a atualização do plano do desenvolvimento do molde.

Como recomendações gerais para essa subfase, segundo Vicente (1995), têm-se:

- a) o desenho do conjunto do molde deve mostrar claramente suas funções principais, as dimensões máximas, as características não usuais e como o molde será fixado na máquina;
- b) fazer no mínimo dois desenhos de conjunto, um com o molde fechado (injeção) e outro aberto (extração).
- c) Desenhar detalhadamente todos os componentes que não são normalizados;
- d) realizar a legenda descritiva de todos os componentes do molde, normalizados ou não, com o número do componente, quantidade, material, tratamento e dureza necessária;
- e) destacar para a fabricação de componentes quando em construção e funcionamento ou acabamentos não usuais.

5.4.4.1 - Atividade 3.4.1: Detalhar a placa cavidade superior e inferior

Tem como objetivo desenhar detalhadamente as placas cavidades, atividade que será feita pelo técnico projetista de molde tendo como base o projeto preliminar.

As recomendações gerais para o detalhamento das placas cavidades são:

- a) inserir no desenho da lista de materiais os devidos códigos para a fabricação;
- b) identificar possíveis características especiais;
- c) ressaltar as dimensões que afetam o ajuste, as funções e a durabilidade das placas cavidades;
- d) prever quais serão as superfícies de referência para a fabricação;
- e) especificar no desenho o tipo de material e os tratamentos térmicos e de superfície;
- f) identificar as placas cavidades com número, data e material;
- g) definir o acabamento desejado;
- h) verificar se foi previsto o ângulo de saída;
- i) verificar se foi considerada a contração do material polimérico;
- j) revisar a saída de gases.

5.4.4.2 - Atividade 3.4.2: Detalhar os demais componentes

Tem como objetivo desenhar com detalhes os demais componentes do molde. Tal atividade também será concluída pelo técnico projetista de molde tendo como base o projeto preliminar.

No Apêndice K, constam algumas recomendações gerais para o detalhamento de cada um dos componentes do molde (descritos no Capítulo 3), segundo Provenza (1993) e Centimfe (2003).

5.4.4.3 - Atividade 3.4.3: Avaliar e aprovar o projeto detalhado e autorizar a fabricação dos componentes do molde

Consiste na análise do projeto detalhado para a sua aprovação e autorização para a fabricação. Essa atividade é importante, pois os custos de alterações motivadas por erros ou alterações no componente injetado são elevados.

Será realizada pelo projetista com a participação do técnico projetista de molde com o auxílio do formulário de análise e aprovação do projeto detalhado - P7, que pode ser visualizado na Figura 5.40.

Nesse formulário, além dos dados gerais, verificam-se vários itens que foram vistos no projeto detalhado, como, por exemplo, a elaboração da lista de materiais do molde de injeção.

Para a aprovação do projeto detalhado, todos os itens do formulário devem ser respondidos positivamente; caso algum item seja negativo, ações devem ser planejadas, bem como nova avaliação.

Nessa atividade, também deverá ser realizado o preenchimento do formulário PL6 de avaliação da qualidade, além do preenchimento do formulário de planejamento de aquisições – PL4.

5.4.4.4 - Atividade 3.4.4: Atualizar os planos de desenvolvimento

Similar às atividades de atualização anteriores, visa informar o gerente do projeto e demais interessados sobre o estágio do projeto, para que, se necessário, sejam feitas alterações no plano de desenvolvimento, realizado por meio da atualização dos formulários PL2, PL3, e PL5 pelo projetista.

Com essa atividade a fase de projeto do molde de injeção encerra-se e passa-se para a fase 4 de fabricação do molde de injeção.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Formulário de avaliação e aprovação do projeto detalhado – P7					
Data: __/__/__		Denominação do componente injetado:			
Cliente:			Projeto número:		
Participantes: Projetista de moldes: _____			Técnico projetista de molde: _____		
Itens a analisar	Sim	Não	Ações	Responsável	Data
1- A lista de materiais no desenho está completa?					
2- Características especiais dos componentes do molde foram ressaltadas?					
3- Foram identificadas corretamente as dimensões que afetam o ajuste, funções e durabilidade do molde?					
4- Existem pontos de controle e superfícies de referência suficiente identificados?					
5- Todas as tolerâncias necessárias para a contração foram adicionadas?					
6- As tolerâncias estão compatíveis com a fabricação?					
7- Os componentes não normalizados estão com todas as cotas necessárias para a fabricação?					
8- Os materiais, tratamentos térmicos e de superfície estão especificados devidamente?					
9- Estão previstos parafusos de suspensão para transporte da ferramenta?					
10- Os circuitos de refrigeração estão corretamente identificados (entrada/saída)?					
11- Foi prevista a placa de identificação do molde com dimensão, peso, cliente?					
12- Foi prevista a placa de identificação da câmara quente, caso o molde tenha?					
13- Todos os componentes estão identificados?					
14- As placas cavidade superior e inferior do molde estão identificadas com número, data e material?					
15- Os componentes do moldes estão identificados para facilitar a montagem?					
16- Há trava de segurança é identificada e esta no lado do operador?					
17- As dimensões da placa base superior está de acordo com o padrão da máquina do cliente?					
18- A rosca para a fixação do cilindro está de acordo com o padrão da máquina?					
19- Uma das quatro colunas está deslocada, para assegurar o fechamento do molde??					
20- A dimensão do anel de centragem está de acordo com a dimensão do bico injetor?					

Figura 5.40 – Formulário de avaliação e aprovação do projeto detalhado – P7 (Continua)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Formulário de avaliação e aprovação do projeto detalhado – P7					
Data: __/__/__		Denominação do componente injetado:			
Cliente:			Projeto número:		
Participantes: Projetista de moldes: _____			Técnico projetista de molde: _____		
Itens a analisar	Sim	Não	Ações	Responsável	Data
21- A bucha de injeção está com a rugosidade dentro do limite?					
22- Os cuidados a serem considerados em relação a usinagem dos componentes estão visíveis no desenho?					
23- Parafusos para o transporte do molde foram previstos?					
24- Todos os componentes são possíveis de serem fabricados internamente?					
25- Os componentes que necessitaram serem fabricados por empresas terceirizadas estão identificados?					
Observações:					
Aprovação					
Avaliado em: __/__/__			Aprovado em: __/__/__		
Assinatura dos presentes:					
Projetista de moldes: _____					
Técnico projetista de molde: _____					

Figura 5.40 – Formulário de avaliação e aprovação do projeto detalhado – P7 (Continuação)

5.4.5 – Controles e saídas da fase 3: projeto do molde

A fase 3 de projeto do molde de injeção tem como controle os formulários PL2, PL3, PL4, PL5, PL6 e PL7, sendo a saída desta fase os desenhos detalhados dos componentes do molde de injeção.

5.5 - Fase 4: Fabricação do molde

Com o projeto detalhado dos componentes do molde, a fase de fabricação poderá se iniciar.

A fase de fabricação do molde de injeção tem como entradas os formulários PL1a, PL2b, PL3, PL4, PL5, PL6, P3 e o projeto detalhado do molde. Nessa fase, são realizadas as seguintes atividades: planejamento, fabricação e montagem dos componentes do molde de injeção, além da atualização dos planos de desenvolvimento, segundo a Figura 5.41.

4. Fabricação do molde de injeção				
Entradas	Atividades	Controles	Mecanismos	Saídas
PL1a, PL1b, PL2, PL3, PL4, PL5, PL6, P3; Projeto detalhado dos componentes do molde	4.1. Realizar o planejamento da fabricação do molde	PL2, PL3, PL4, PL5, PL6 e PL7	F1, PL1a, PL1b, PL2, PL3, PL4, PL5 e P3	Planejamento da produção
	4.2. Fabricar a placa cavidade superior e inferior			Placas cavidades
	4.3. Fabricar os demais componentes do molde			Demais componentes
	4.4. Realizar a montagem dos componentes do molde			Molde apto para o teste
	4.5. Atualizar os planos de desenvolvimento			Molde apto com planejamento atualizado
LEGENDA				
PL1a – Formulário de declaração de escopo do produto. PL1b – Formulário de declaração de escopo do projeto. PL2 – Formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde. PL3 – Formulário de planejamento do tempo.		PL4 – Formulário de planejamento das aquisições. PL5 – Formulário de planejamento dos custos. PL6 – Formulário de avaliação da qualidade. PL7 – Formulário de controle das informações. P3 – Formulário de especificação do molde de injeção. F1 – Formulário do processo de fabricação.		

Figura 5.41 – Síntese da fase 4: fabricação do molde com as entradas, atividades, controles, mecanismos e saídas

Neste trabalho não se discutirá com maior profundidade a fabricação dos componentes, contudo cabe ressaltar que, de acordo com o observado nas pesquisas com os fabricantes de moldes brasileiros e portugueses, a maior parte do tempo dispensado para a fabricação dos componentes no Brasil é resultado da não modernização das máquinas de usinagem.

Por exemplo, há hoje disponível no mercado máquinas-ferramentas de cinco eixos, com a capacidade de orientar e posicionar a ferramenta de usinagem em uma maior quantidade de pontos e direções, pois possui um sistema de coordenadas tridimensional, que são

extremamente indicadas para a usinagem de formas geométricas complexas das placas cavidades (SOUZA, 2004).

Em trabalho apresentado por Mesquita, Simões e Cruz (1999), a máquina de cinco eixos realizava a operação de usinagem 60% mais rápido que a máquinas de três eixos, que é uma das mais utilizadas pelos fabricantes de moldes. Com tais informações constata-se que uma alternativa para a diminuição nos tempos de fabricação é o emprego da máquina de cinco eixos.

Outra tecnologia disponível para os fabricantes de moldes são as máquinas HSM (*High Speed Machine*), ou seja, máquinas de altíssimas velocidades.

Segundo Santos, Bezerra e Machado (2003), as principais características das máquinas HSM são:

- a) grande remoção de material;
- b) alta velocidade de corte (5 a 10 vezes maior);
- c) elevada qualidade superficial;
- d) dissipação do calor através do cavaco;

Em virtude do bom acabamento superficial, as operações com a máquina eletroerosão são poucas ou quase nenhuma, diminuindo, assim, o tempo de fabricação. Por exemplo, para aplicação em moldes, a empresa Volkswagen, segundo Santos, Bezerra e Machado (2003), diminuiu cerca de 50% o tempo de fabricação de uma cavidade com a utilização de máquinas HSM.

Contudo, o uso dessas novas tecnologias pelos fabricantes de moldes brasileiros é restrito, o que resulta em custos elevados de fabricação.

Recomenda-se que essas novas tecnologias, em termos de máquinas, passem a ser utilizadas pelos fabricantes de moldes, com o objetivo de se tornarem mais competitivos ante o mercado internacional.

5.5.1. Atividade 4.1: Realizar o planejamento da fabricação do molde

Nessa atividade consta a realização dos planos de fabricação dos componentes do molde. Como o tempo relacionado à fabricação é o maior no ciclo de desenvolvimento do molde, o planejamento, objetivando a utilização mais eficiente dos recursos, é de grande importância.

Essa atividade será realizada pelo processista com base nos desenhos detalhados dos componentes do molde e nos formulários P3, PL1a, PL1b, PL2, PL3, PL4, PL5 e validada pelo responsável da área de fabricação.

Recomenda-se priorizar a fabricação das placas cavidades, pois são os principais componentes do molde e possuem os tempos mais longos de fabricação. Na maioria dos

casos, necessitam de tratamento térmico ou de superfície, realizado por empresas terceirizadas.

5.5.2. Atividade 4.2: Fabricar a placa cavidade superior e inferior

Consiste na fabricação das placas cavidades de acordo com o projeto detalhado e é executada pelo ferramenteiro, com base no plano de fabricação elaborado que estará descrito no formulário do processo de fabricação – F1 (Figura 5.8).

As recomendações gerais para a fabricação dos componentes são descritas na Tabela 5.8, segundo Sandvik (2002).

Nessa atividade o processista deverá atualizar os formulários PL2, PL3, PL5 e PL6, no mínimo semanalmente, para que o gerente do projeto tenha um melhor acompanhamento da evolução da fabricação.

Tabela 5.8 – Recomendações gerais para a fabricação das placas cavidades

Recomendações gerais	
–	analisar a forma geométrica do componente que vai ser fabricado para poder fixar o bloco de metal na máquina. Assim, não será necessário o deslocamento do bloco para outra posição com a finalidade de realizar outras operações na mesma máquina, evitando assim <i>setup</i> de produção e possíveis erros de centralização do bloco em relação à máquina
–	procurar observar qual a melhor posição para fixação do bloco na máquina para minimizar a quantidade de pontos de fixação
–	procurar realizar o fresamento concordante, com exceção de fresamento lateral, em que se deve usar o fresamento discordante
–	utilizar sempre que possível o método de usinagem por contorno no lugar do fresamento em cópia, pois ele aumentará a segurança da operação, a vida útil da ferramenta, a qualidade e a produtividade, visto que assim será possível trabalhar com avanços maiores
–	na usinagem de cantos utilizar a interpolação circular, pois a interpolação linear possui paradas momentâneas, que resultam em vibrações, forças de corte oscilantes e saídas para a retífica dos cantos

5.5.3. Atividade 4.3: Fabricar os demais componentes do molde

Tem como objetivo realizar a fabricação de todos os componentes do molde, com base no projeto detalhado e no plano de fabricação, e é feita pelo ferramenteiro.

Nessa atividade o processista também precisa atualizar os formulários PL2, PL3, PL5 e PL6, no mínimo semanalmente.

5.5.4. Atividade 4.4: Realizar a montagem dos componentes do molde

Essa atividade tem como objetivo realizar a montagem dos componentes do molde que foram desenvolvidos e dos acessórios adquiridos e é executada pelo ajustador.

A montagem poderá ser realizada vertical e horizontalmente. A montagem vertical, segundo Centimfe (2003), é o tipo mais comum, é feita por meio de uma ponte rolante ou com um guincho hidráulico, existindo um melhor aproveitamento da área.

A montagem horizontal é efetuada por mesa de rolos e é uma boa opção para edificações com altura reduzida.

Para tal atividade, conforme Centimfe (2003), são realizadas algumas recomendações que estão descritas na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 – Recomendações gerais para a montagem dos componentes do molde

Recomendações para a montagem
<p>Antes da montagem, o ajustador deverá verificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> – se as saídas de gases estão corretas – se não existem arestas vivas quando for o caso de utilização de fios no molde (controladores de cilindros, câmara quente e temperatura) – a dimensão do anel de centragem – se o sistema de refrigeração está conforme o projeto – se os componentes de movimentação estão com as durezas recomendadas e se os tratamentos térmicos ou de superfície foram realizados – se as gravações foram executadas conforme a projeto <p>Durante a montagem, as recomendações são:</p> <ul style="list-style-type: none"> – evitar de realizá-la em locais com poeira ou perto de máquinas que liberem cavaco – apertar os parafusos com chaves pneumáticas e, em seguida, reapertar os parafusos com chave apropriada – todos os parafusos devem ser protegidos com óleo antes de serem utilizados no molde <p>Após a montagem, deve-se verificar se todas as ligações foram efetuadas</p>

5.5.5. Atividade 4.5: Atualizar os planos de desenvolvimento

Como as demais atividades de atualização, consta da atualização do plano de desenvolvimento do molde, para informar o gerente de projeto e demais interessados sobre o estágio do projeto, realizado por meio da atualização dos formulários PL2, PL3 e PL5 pelo processista.

5.5.6. Controle e saídas da fase 4: fabricação do molde

Como controles da fase de fabricação têm-se os formulários PL2, PL3, PL4, PL5, PL6 e PL7, e como saída, o molde apto para os testes, com os planos de desenvolvimento atualizados.

5.6. Fase 5: Certificação do molde

A quinta fase é a de certificação do molde de injeção e tem como entrada o molde de injeção e como saída o molde entregue ao cliente e o encerramento do processo de desenvolvimento.

Essa fase é importante, pois nela será verificado se o molde desempenhará suas funções conforme o especificado no projeto.

As atividades dessa fase são: verificar o funcionamento do molde e o dimensional do componente injetado e submetê-lo à aprovação do cliente, analisar o funcionamento do molde em ciclos de produção, atualizar o plano de desenvolvimento do molde, fornecer o molde ao cliente e, finalizado o processo, a avaliação e o encerramento do plano de desenvolvimento do molde de injeção, segundo a Figura 5.42.

5. Certificação do molde				
Entradas	Atividades	Controles	Mecanismos	Saídas
PL1a, PL1b, PL2, PL3, PL5, PL6, PL7, P3 e o molde de injeção	5.1. Verificar o funcionamento geral do molde e o dimensional do componente injetado.	PL2, PL3, PL4, PL5, PL6 e PL7	PL1a, PL1b, E1 e FR3	Amostras do componente
	5.2. Submeter o componente injetado à aprovação do cliente			Aprovação do componente pelo cliente
	5.3. Verificar o funcionamento do molde em ciclos de produção.		E2 e FR3	Molde apto para produção
Aprovação nos testes	5.4. Atualizar o plano de desenvolvimento.		PL2, PL3, PL5 e PL6	Molde certificado
Molde	5.5. Fornecer o molde de injeção ao cliente.		E3	Molde entregue
Informação do processo de desenvolvimento	5.6. Avaliar e encerrar o processo de desenvolvimento do molde.		C4, PL1a, PL1b, PL3, PL5, PL6 e PL7	Avaliação e encerramento do processo de desenvolvimento
LEGENDA				
PL1a – Formulário de declaração de escopo do produto. PL1b – Formulário de declaração de escopo do projeto. PL2 – Formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde. PL3 – Formulário de planejamento do tempo. PL4 - Formulário de planejamento das aquisições. PL5 – Formulário de planejamento dos custos.		PL6 – Formulário de avaliação da qualidade. PL7 – Formulário de controle das informações. P3 – Formulário de especificação meta do projeto. E1 – Formulário de verificação geral do molde. E2 – Formulário de verificação do funcionamento do molde e do ciclo de produção. E3 – Formulário de verificação para o fornecimento do molde. FR3 – Ferramenta de análise de defeitos de injeção.		

Figura 5.42 – Síntese da fase 5: certificação do molde de injeção com as entradas, atividades, controles, mecanismos e saídas

Depois de fabricado e devidamente montado, o molde será colocado na máquina injetora, com o objetivo de realizar alguns testes para a certificação de que atenderá aos requisitos estabelecidos pelo cliente.

O teste do molde pode ser definido, segundo Oliveira (2002), como “o processo de simulação real, do futuro estágio de produção, que tem por objetivo o aquilatar de conclusões para eventuais correções e otimizações do molde”.

5.6.1. - Atividade 5.1: Verificar o funcionamento geral do molde e o dimensional do componente injetado

Essa atividade tem como finalidade verificar se o molde de injeção desempenhará as funções necessárias na máquina injetora, observando a ocorrência de problemas de funcionamento.

Nessa atividade também será realizado o controle dimensional no componente injetado para que seja verificado se está de acordo com as especificações do projeto.

A verificação do funcionamento geral do molde e a obtenção de amostras para o cliente serão realizadas segundo uma adaptação dos testes propostos por Cefamol (2000), Santos (2002) e Pereira (2002).

Para suportar essa atividade, é proposto além dos formulários PL1a e PL1b, o formulário de verificação do funcionamento geral do molde – E1, (Figura 5.43), composto de dados de identificação do molde, dos parâmetros utilizados para o processo, sem a preocupação de sua otimização, questões referentes ao componente injetado e do funcionamento do molde, como, por exemplo, o funcionamento dos sistemas de alimentação, extração e refrigeração.

A observação e o apontamento de possíveis defeitos no componente injetado em relação ao processo de injeção também deverão ser anotados.

Caso, durante o processo de injeção, se identifique defeitos no componente injetado, a ferramenta de análise de defeitos de injeção – FR3, poderá ser utilizada na análise de defeitos de injeção.

A ferramenta FR3, que pode ser visualizada na Tabela 5.10, foi adaptada do trabalho de Dihlmann (2006), considerando as orientações de Centimfe (2003) e Reinert (2005).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC					
Formulário de verificação do funcionamento geral do molde – E1					
Data:	Cliente:	Máquina:	Projeto:		
Local:	Material:				
Parâmetros de processo					
Temperatura	Velocidade	Tempo	Força de fechamento	Pressão	
Zona I:	Rosca:	Injeção:	Valor:	Injeção:	
Zona II:	Injeção:	Resfriamento:		Recalque:	
Zona III:	Perfil:	Abertura:		Contra-pressão:	
Refrigeração:		Fechamento:			
Bico de injeção		Total:			
Molde:					
Ligações da refrigeração, elétricas e hidráulicas foram realizadas?				SIM	NÃO
Há material suficiente para o ensaio?					
Questões a observar durante e após o processo de injeção					
1- O componente injetado possui regiões de difícil preenchimento?					
2- O componente injetado apresenta regiões com rechupes?					
3- Haverá possibilidade do componente ficar no lado da injeção?					
4- Foi utilizado desmoldante para a extração do componente?					
5- Os componentes possuem identificações?					
6- O sistema de alimentação está funcionando corretamente?					
7- O sistema de refrigeração está funcionando corretamente?					
8- O sistema de extração está funcionando corretamente?					
9- O curso de extração é suficiente?					
10- A abertura da placa é suficiente?					
11- Os elementos móveis funcionam adequadamente?					
12- Os cilindros hidráulicos/pneumáticos funcionam adequadamente?					
13- Há vazamento de água ou óleo?					
14- As saídas de gases são suficientes?					
15- As saídas e entradas do sistema de refrigeração estão visíveis?					
16- A montagem na máquina foi eficiente?					
17- Há formação de rebarbas no componente injetado?					
18- Há formação de rebarbas nos canais de alimentação?					
19- Quais os defeitos de injeção ocorridos?					
Aprovação					
Assinatura dos presentes					
Ajustador: _____					
Processista: _____					

Figura 5.43 - Formulário de verificação do funcionamento geral do molde – E1

Para usar a ferramenta FR3, primeiramente se deve identificar no componente injetado qual o defeito que ocorreu. Estabelecido o defeito, basta observar as ações necessárias para a sua resolução.

Por exemplo, caso seja identificado um problema decorrente de bolhas internas, a primeira ação será de reduzir a velocidade da rosca, caso persistir, deve-se reduzir a temperatura no

5.6.2. Atividade 5.2: Submeter o componente injetado à aprovação do cliente

Essa atividade tem como objetivo enviar o componente injetado obtido na atividade anterior juntamente com o relatório dimensional ao cliente, para que este possa analisar o componente e aprová-lo.

Conforme constatado na pesquisa, muitos clientes alteram a geometria do componente, o que resulta em possíveis modificações no molde de injeção.

A atividade será realizada por meio do envio das amostras obtidas no primeiro teste do molde, juntamente com o relatório dimensional, para que o cliente analise o componente injetado segundo seus critérios de aprovação.

Caso o cliente deseje alterar a geometria do componente injetado, um processo de modificação no molde de injeção deverá ser realizado, submetendo-o a uma análise de viabilidade para determinar um novo prazo e os custos envolvidos.

Caso não haja alteração no componente injetado, a próxima atividade será executada.

5.6.3. Atividade 5.3: Verificar o funcionamento do molde em ciclos de produção

Tem como objetivo analisar o molde de injeção já com as possíveis alterações realizadas na máquina injetora, produzindo componentes injetados.

Nessa etapa serão observados o funcionamento geral do molde e simulação em condições reais de produção de pelo menos duas horas, para em seguida ser enviadas amostras ao cliente.

Para esse último teste, é importante que o cliente esteja presente, para se certificar de que o molde de injeção está em condições de funcionamento.

Essa atividade é suportada pelo formulário de verificação do funcionamento do molde e do ciclo de produção - E2, de acordo com a Figura 5.44.

Nesse formulário, além das informações gerais, têm-se os valores otimizados dos parâmetros de injeção que poderão ser utilizados para o processo de fabricação do componente injetado, como, por exemplo, as várias temperaturas desde a zona I até o bico de injeção da máquina.

As observações que deverão ser realizadas são em relação ao funcionamento dos sistemas do molde durante ciclos longos de produção, para verificar se o molde está em condições de ser entregue ao cliente.

A ferramenta FR3 de análise de defeitos de injeção também poderá ser utilizada caso haja necessidade.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC					
Formulário de verificação do molde e do ciclo de produção – E2					
Data:	Cliente:	Máquina:	Projeto:		
Local:	Material:				
Parâmetros de processo					
Temperatura	Velocidade	Tempo	Força de fechamento	Pressão	
Zona I:	Rosca:	Injeção:	Valor:	Injeção:	
Zona II:	Injeção:	Resfriamento:		Recalque:	
Zona III:	Perfil:	Abertura:		Contra-pressão:	
Refrigeração:		Fechamento:			
Bico de injeção		Total:			
Molde:					
Ligações da refrigeração, elétricas e hidráulicas foram realizadas?				SIM	NÃO
Há material suficiente para o ensaio?					
Questões a observar durante e após o processo de injeção					
1- O sistema de alimentação está funcionando corretamente?					
2- O sistema de extração está funcionando corretamente?					
3- O sistema de refrigeração está funcionando corretamente?					
4- Há vazamento de água ou óleo?					
Aprovação					
Molde aprovado em: __/__/____					
Assinatura dos presentes					
Cliente: _____					
Gerente do projeto: _____					
Processista: _____					

Figura 5.44 – Formulário de verificação do funcionamento do molde e do ciclo de produção – E2

5.6.4. Atividade 5.4: Atualizar os planos de desenvolvimento

Similar às atividades de atualização anteriores, visa informar a equipe de desenvolvimento sobre o atual estágio do projeto, para que, se necessário, seja alterado o plano de desenvolvimento.

Essa etapa é realizada por meio da atualização dos formulários PL2, PL3, PL5 e PL6 pelo processista.

5.6.5. Atividade 5.5: Fornecer o molde de injeção ao cliente

Essa atividade tem como objetivo verificar se o molde está em condições de ser enviado ao cliente; caso esteja, será devidamente embalado e entregue.

Antes que o molde de injeção seja mandado para o cliente, deverá ser verificado se todos os itens necessários estão de acordo com a especificação do cliente. Para suportar essa atividade tem-se o formulário de verificação para o fornecimento do molde – E3 (Figura 5.45).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC					
Formulário de verificação para o fornecimento do molde – E3					
Dados gerais do molde:					
Data de entrega: __/__/____		Sistema de extração:			
Cliente:		Sistema de saída de gases:			
Projeto número:		Acessórios:			
Denominação do componente injetado:		Textura:			
Número de cavidades:		Máquina injetora:			
Sistema de alimentação:		Material polimérico:			
Componentes do molde	Materiais	Tratamento térmico e de superfície		Acabamento	
Parâmetros de processo recomendáveis					
Temperatura	Velocidade	Tempo	Força de fechamento	Pressão	
Zona I:	Rosca:	Injeção:	Valor:	Injeção:	
Zona II:	Injeção:	Resfriamento:		Recalque:	
Zona III:	Perfil:	Abertura:		Contra-pressão:	
Refrigeração:		Fechamento:			
Bico de injeção		Total:			
Molde:					
Questões a observar					
				SIM	NÃO
1- O memorial descritivo do projeto está acompanhando o molde?					
2- O arquivo eletrônico do projeto detalhado dos componentes do molde está em anexo ao memorial?					
3- Demais manuais dos acessórios estão em anexo ao memorial?					
4- O molde está com a trava de segurança?					
5- O molde foi embalado corretamente?					
6- A identificação do molde está correta?					
Aprovação					
Molde aprovado para a entrega em: __/__/____					
Assinatura dos presentes					
Gerente do projeto: _____					
Processista: _____					

Figura 5.45 – Formulário de verificação para o fornecimento do molde – E3

Além dos dados gerais do projeto, no formulário E3 há também a denominação geral dos sistemas utilizados, a especificação dos materiais, tratamentos e acabamentos utilizados em cada componente.

A informação para o cliente dos parâmetros de processo também está no formulário, para que o cliente já possa inserir os dados na máquina injetora, reduzindo assim o tempo de *setup*.

A constatação do encaminhamento do memorial descrito do molde com os desenhos e manuais também é verificada, bem como se o molde está com a trava de segurança ativada e se será devidamente embalado para o transporte até o cliente.

5.6.6. Atividade 5.6: Avaliar e encerrar o processo de desenvolvimento do molde

A última atividade do modelo de referência tem como finalidade a avaliação do processo de desenvolvimento do molde finalizado, discutindo os possíveis problemas que ocorreram durante o processo.

Essa etapa será realizada em reunião com a presença do gerente de projeto e dos responsáveis pelas áreas de fabricação e projeto a fim de serem analisados todos os planos do processo de desenvolvimento do molde, visando ressaltar os pontos positivos e negativos, para que possíveis ações corretivas sejam efetuadas.

Para Dinsmore (2003), a avaliação e o encerramento do projeto é a oportunidade para que os gerentes avaliem tanto os aspectos técnicos do projeto como os de gerenciamento do projeto e de gestão.

Para a avaliação e o encerramento do processo de desenvolvimento do molde, os seguintes tópicos deverão ser analisados:

- a) rever os objetivos do projeto pelos formulários PL1a e PL1b;
- b) analisar o formulário de controle de comunicações PL7;
- c) realizar uma comparação entre o planejamento do tempo e as datas que ocorreram (formulário PL3);
- d) realizar um comparativo entre os custos planejados e os reais (formulário PL5);
- e) preencher e analisar o formulário PL6 da avaliação da qualidade;
- f) revisar os formulários de avaliação e aprovação das atividades, se for o caso;
- g) avaliar possíveis modificações no modelo de referência;
- h) preencher o formulário de projetos elaborados;
- i) debater as lições aprendidas no projeto.

5.6.7. Controle e saídas da fase 5: certificação do molde

Como controle da fase de certificação têm-se os formulários PL2, PL3, PL4, PL5, PL6 e PL7 e como saída, o molde fornecido para além da avaliação e encerramento do processo de desenvolvimento do molde.

5.7. Considerações finais

No Capítulo 5 foi apresentado o modelo de referência para o desenvolvimento integrado de moldes de injeção de termoplásticos, que resultou da revisão de literatura e das pesquisas exploratória e de campo realizadas.

Para a proposição do modelo de referência, conceitos de ES, GP e de metodologia de projetos foram utilizados. Foram também desenvolvidas e/ou adaptadas várias ferramentas de apoio para que fossem utilizadas durante as atividades propostas.

No próximo capítulo será apresentado como foi realizado o processo de avaliação do modelo, no qual participaram profissionais de empresas fabricantes de moldes e especialistas nas áreas de conhecimento que envolve este trabalho.

CAPÍTULO 6

AVALIAÇÃO DO MODELO DE REFERÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE MOLDES DE INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS

Neste capítulo, será apresentado o processo de avaliação do modelo de referência para o desenvolvimento integrado de moldes de injeção de termoplásticos proposto no Capítulo 5.

Para realizar a avaliação do modelo primeiramente foram definidos quais seriam os critérios de avaliação e os avaliadores. Posteriormente, foi realizada uma apresentação em forma de seminário do modelo de referência e também enviado por correio eletrônico para alguns avaliadores que não puderam comparecer, com a finalidade de preencher o questionário de avaliação. Após o preenchimento do questionário, os resultados foram então tabulados e analisados.

6.1 – Elaboração dos critérios de avaliação

Os critérios adotados para a avaliação do modelo de referência neste trabalho foram baseados nas proposições de Vernadat (1996), sendo: **i)** abrangência; **ii)** representação; **iii)** profundidade; **iv)** clareza; **v)** consistência; **vi)** aplicabilidade; **vii)** conteúdo; **viii)** flexibilidade e **ix)** benefícios. Este último critério foi proposto pelo autor com a finalidade de avaliar alguns objetivos apresentados no início da Tese.

As questões elaboradas para o questionário estão descritas no Apêndice L. Cada questão foi avaliada pelos especialistas e profissionais segundo os “níveis de atendimento” do modelo de referência proposto, em que se podia escolher dentre as seguintes opções:

- 4 (quatro): atende totalmente;
- 3 (três): atende em muitos aspectos;
- 2 (dois): atende parcialmente;
- 1 (um): atende poucos aspectos;
- 0 (zero): não atende.

Para a realização da avaliação foram contatados oito profissionais de indústrias fabricantes de moldes e cinco especialistas nas áreas de conhecimento que envolve este trabalho, para que participassem de uma apresentação em forma de seminário do modelo de referência. O seminário resultou na participação efetiva de cinco profissionais da indústria e três especialistas.

O modelo de proposto também foi enviado para três especialistas por correio eletrônico, que não participaram da apresentação, sendo retornado dois questionários respondidos.

Na Tabela 6.1 é apresentado o perfil dos avaliadores que participaram da consulta, sendo os avaliadores de número 1 a 5 profissionais da indústria e de 6 a 10 especialistas da área de conhecimento deste trabalho.

Tabela 6.1 – Perfil dos avaliadores que participaram da consulta

Avaliador	Perfil
1	Técnico mecânico. Trabalhou 12 anos em projeto de moldes e há 15 anos vem atuando na área de orçamento de moldes
2	Técnico mecânico e tecnólogo em mecânica - fabricação. Possui 10 anos de experiência em projetos de moldes de injeção
3	Técnico mecânico e graduando em engenharia mecânica. Possui oito anos de experiência em fabricação de moldes e três anos em projeto
4	Técnico mecânico e tecnólogo em mecânica – fabricação. Possui 5 anos de experiência na área de projeto de moldes
5	Técnico mecânico e engenheiro mecânico. Trabalha a 10 anos na área de desenvolvimento de moldes
6	Técnico mecânico, graduado em Design e mestrando em engenharia mecânica na UFSC. Professor das disciplinas de projeto de moldes e de gabaritos industriais há 14 anos, atuou também três anos em fabricantes de moldes como projetista de moldes para elastômeros
7	Engenheiro mecânico com mestrado e doutorado na área de fabricação de moldes. Professor de disciplinas relacionadas a fabricação de moldes para os cursos de graduação em engenharia mecânica e para o mestrado em engenharia mecânica. Coordena várias pesquisas na área de fabricação de moldes
8	Engenheiro mecânico, mestre em engenharia de materiais pela UDESC e doutorando em engenharia de materiais na UFSC. Professor das disciplinas de projeto de moldes e ferramentas de estampo, em que leciona há sete anos
9	Engenheiro mecânico, mestre e doutor em engenharia mecânica pela UFSC na área de metodologia de projeto. Professor da disciplina de gestão de projetos. Coordena várias pesquisas na área de desenvolvimento de produtos
10	Graduado e mestre em administração. Professor das disciplinas na área de administração e de gestão de projetos há sete anos. Coordena vários projetos na área de trabalho colaborativo

No seminário de apresentação do modelo foi entregue primeiramente para os avaliadores uma cópia da proposta do modelo de referência (Capítulo 5) deste trabalho que descreve em detalhes suas fases, atividades e ferramentas. O questionário de avaliação também foi entregue sendo lidas as suas questões para sanar possíveis dúvidas, e por fim realizada a apresentação.

Após a apresentação do modelo, foi proposto um tempo para responder as possíveis dúvidas dos avaliadores e, na seqüência, estabelecido um tempo para responder o questionário.

As informações contidas nos questionários respondidos pelos avaliadores, juntamente com os recebidos por correio eletrônico dos especialistas foram tabuladas e analisadas, sendo discutidas no próximo item.

6.2 – Apresentação e análise da avaliação

Na seqüência serão apresentados as perguntas realizadas e os resultados da avaliação realizada com os profissionais da indústria e com os especialistas da área de desenvolvimento de moldes. Na Tabela 6.2 pode-se observar as questões elaboradas para cada critério.

Tabela 6.2 – Questões elaboradas para a avaliação do modelo de referência proposto

Critério	Questão
Abrangência	1- O modelo abrange as áreas de conhecimento necessárias ao desenvolvimento de moldes de injeção?
	2- O modelo abrange os processos necessários ao desenvolvimento de moldes?
Representação	3- O modelo representa adequadamente a realidade do desenvolvimento de moldes de injeção?
	4- A forma de representação do modelo, suas fases, atividades, métodos e ferramentas são facilmente entendidos?
Profundidade	5- O nível de detalhamento do modelo, em suas fases e atividades, é suficientemente adequado para orientar o desenvolvimento de moldes de injeção?
Clareza	6- O modelo apresenta-se logicamente estruturado quanto as fases e atividades para o desenvolvimento de moldes de injeção?
Consistência	7- O fluxo de informações entre as fases do desenvolvimento encontra-se adequadamente especificado?
Aplicabilidade	8- O modelo se aplica as necessidades das empresas fabricantes de moldes?
	9- O modelo pode ser empregado para o desenvolvimento de diferentes tipos de moldes de injeção, realizando algumas adaptações?
Conteúdo	10- O modelo possui conteúdo suficiente para a realização da contratação do desenvolvimento de moldes de injeção?
	11- O modelo possui conteúdo suficiente para a realização do gerenciamento do desenvolvimento de moldes de injeção?
	12- O modelo possui conteúdo suficiente para a realização do projeto de moldes de injeção?
	13- O modelo possui conteúdo suficiente para a realização da fabricação de moldes de injeção?
	14- O modelo possui conteúdo suficiente para a realização dos ensaios de moldes de injeção?
Flexibilidade	15- O modelo permite modificações para inserir outras fases, atividades, métodos ou ferramentas para atender objetivos não previamente definidos?
Benefícios	16- O modelo poderá auxiliar no cumprimento dos prazos de desenvolvimento do molde?
	17- O modelo poderá auxiliar na redução dos custos no desenvolvimento do molde?
	18- O modelo poderá auxiliar no controle da qualidade no desenvolvimento do molde?
	19- O modelo poderá auxiliar na utilização mais eficiente dos recursos internos e externos disponíveis para o fabricante de moldes?

Na Tabela 6.3 é apresentado o resultado individual da avaliação do modelo de referência.

Tabela 6.3 – Resultado individual da avaliação do modelo de referência

Questões	Avaliador									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1- O modelo abrange as áreas de conhecimento necessárias ao desenvolvimento de moldes de injeção?	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4
2- O modelo abrange os processos necessários ao desenvolvimento de moldes?	4	3	3	4	4	3	3	3	4	4
3- O modelo representa adequadamente a realidade do desenvolvimento de moldes de injeção?	4	2	4	3	4	4	3	4	3	4
4- A forma de representação do modelo, suas fases, atividades, métodos e ferramentas são facilmente entendidos?	4	3	4	3	4	4	4	3	4	
5- O nível de detalhamento do modelo, em suas fases e atividades, é suficientemente adequado para orientar o desenvolvimento de moldes de injeção?	4	3	4	4	3	2	3	4	3	4
6- O modelo apresenta-se logicamente estruturado quanto as fases e atividades para o desenvolvimento de moldes de inieção?	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
7- O fluxo de informações entre as fases do desenvolvimento encontra-se adequadamente especificado?	4	3	4	4	3	3	4	3	4	4
8- O modelo se aplica as necessidades das empresas fabricantes de moldes?	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3
9- O modelo pode ser empregado para o desenvolvimento de diferentes tipos de moldes de injeção, realizando algumas adaptações?	4	4	2	3	3	3	4	4	4	4
10- O modelo possui conteúdo suficiente para a realização da contratação do desenvolvimento de moldes de inieção?	4	3	3	4	3	4	4	4	4	4
11- O modelo possui conteúdo suficiente para a realização do gerenciamento do desenvolvimento de moldes de injeção?	4	3	3	4	4	3	4	4	4	4
12- O modelo possui conteúdo suficiente para a realização do projeto de moldes de injeção?	3	2	3	3	3	3	4	4	4	4
13- O modelo possui conteúdo suficiente para a realização da fabricação de moldes de injeção?	4	3	3	2	2	2	2	2	4	4
14- O modelo possui conteúdo suficiente para a realização dos ensaios de moldes de injeção?	4	3	4	4	3	3	2	3	4	4
15- O modelo permite modificações para inserir outras fases, atividades, métodos ou ferramentas para atender objetivos não previamente definidos?	4	3	4	4	4	4	4	3	3	3
16- O modelo poderá auxiliar no cumprimento dos prazos de desenvolvimento do molde?	4	3	4	4	4	4	3	3	3	4
17- O modelo poderá auxiliar na redução dos custos no desenvolvimento do molde?	4	3	3	4	4	4	3	4	3	4
18- O modelo poderá auxiliar no controle da qualidade no desenvolvimento do molde?	3	3	4	3	3	4	2	3	3	4
19- O modelo poderá auxiliar na utilização mais eficiente dos recursos internos e externos disponíveis para o fabricante de moldes?	4	3	4	4	4	4	4	3	3	4

Para uma melhor análise será discutido inicialmente o resultado obtido em cada questão.

O primeiro critério foi o de **abrangência**, que procurou identificar se o modelo proposto abrangia a área de conhecimento e os processos necessários ao desenvolvimento de moldes de injeção.

Em relação a abrangência das áreas de conhecimento (**questão 1**), observou-se que oito avaliadores consideraram que o modelo atende totalmente este critério e dois consideraram que o modelo atendia em muitos aspectos.

Na Figura 6.1 é apresentado o resultado da avaliação de acordo com os profissionais da indústria de molde de injeção e pelos especialistas. Assim por exemplo, para este critério, quatro profissionais da indústria e quatro especialistas consultados consideraram que o modelo proposto atende totalmente este critério e um profissional da indústria e um especialista consideraram que o modelo atende em muitos aspectos o critério de abrangência das áreas de conhecimento.

Com o resultado observado pode-se concluir que nesse contexto de avaliação o modelo proposto atingiu com êxito esta questão do critério de abrangência.

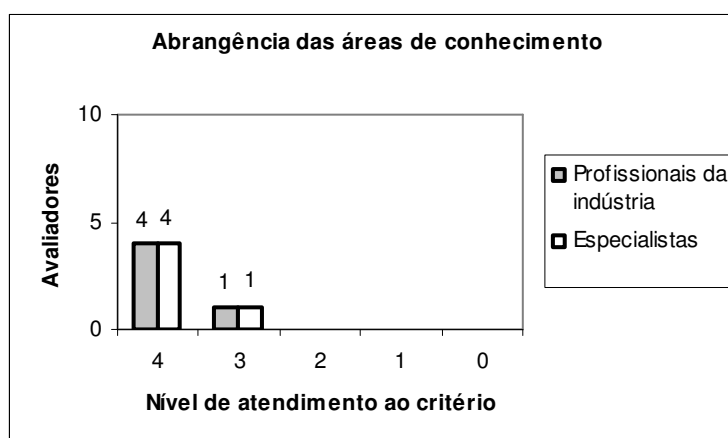


Figura 6.1 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de abrangência das áreas de conhecimento

Em relação ao critério de abrangência dos processos necessários ao desenvolvimento de moldes (**questão 2**), cinco avaliadores consideraram que o modelo atende totalmente e outros cinco que o modelo proposto atende em muitos aspectos. Na Figura 6.2, pode-se observar os resultados estratificados de acordo com os profissionais da indústria e especialistas.

Conclui-se com esse resultado que o modelo proposto também atingiu com êxito esta questão deste critério.

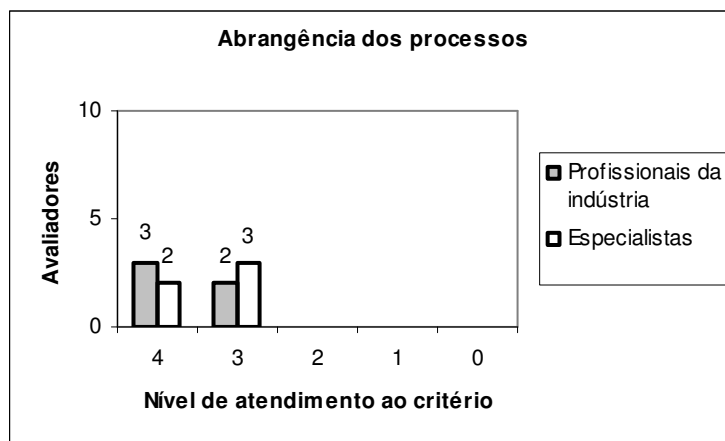


Figura 6.2 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério relação a abrangência dos processos necessários

O segundo critério avaliado foi relativo a **representação** em que foi analisado se o modelo representa adequadamente a realidade do processo de desenvolvimento de moldes e se a forma de representação do modelo, de seus métodos e ferramentas são facilmente compreendidos.

Como resultado, obteve-se que seis avaliadores consideraram que o modelo atende totalmente e quatro que atende em muitos aspectos. Na Figura 6.3 é apresentado o resultado da avaliação estratificado, em que se pode concluir que o modelo representa bem a realidade do processo de desenvolvimento de moldes (**questão 3**). A avaliação do profissional da indústria com a nota 2 indica que algumas fases do modelo de referência devem ser melhor detalhadas.

Ressalta-se que no questionário nenhum avaliador indicou qual a fase que poderia ser melhor detalhada.

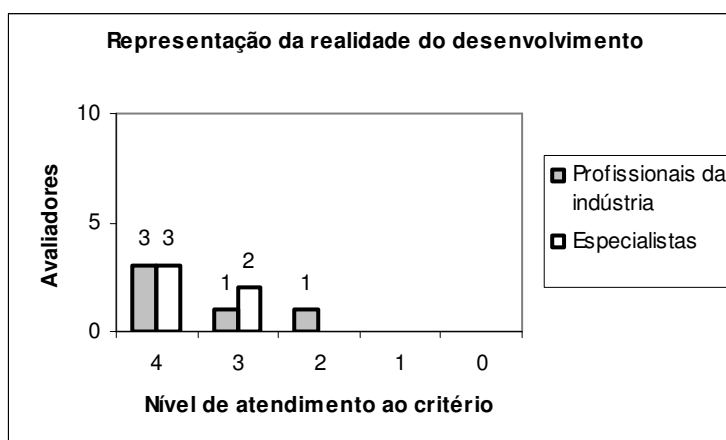


Figura 6.3 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de representação da realidade do desenvolvimento de moldes

Em relação a forma de apresentação (**questão 4**), sete avaliadores consideraram que as fases e atividades do modelo são facilmente compreendidas e três avaliadores que a forma de representação atende em muitos aspectos, como se pode observar na Figura 6.4. Assim, com base nos resultados obtidos pode-se concluir que o modelo atendeu com êxito o critério de representação em relação a seu entendimento.

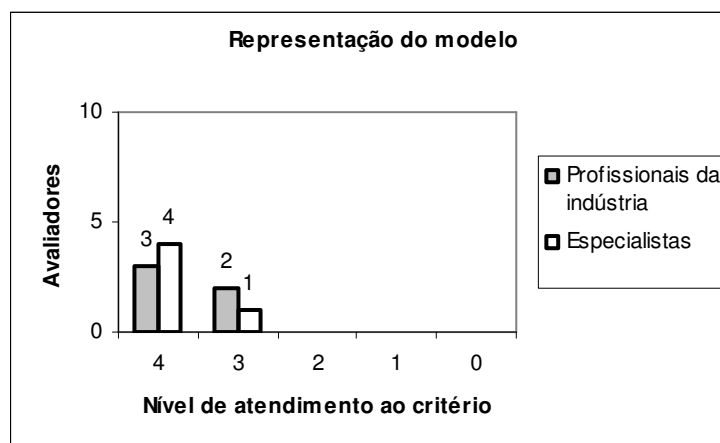


Figura 6.4 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de representação do modelo, de seus métodos e ferramentas

No critério de avaliação de **profundidade**, foi analisado se o nível de detalhamento do modelo em suas fases e atividades é suficientemente adequado para orientar o desenvolvimento do molde (**questão 5**). Os resultados dos avaliadores neste critério foram que cinco consideraram que o modelo atende totalmente, quatro que atende em muitos aspectos e um que atende parcialmente, como é apresentado na Figura 6.5.

Assim, no contexto desta avaliação o modelo proposto possui um bom nível de detalhamento para a realização do desenvolvimento de moldes. Ressalta-se também que não foi realizado nenhum comentário pelo avaliador sobre qual a fase que poderia ser melhor detalhada.

No critério de avaliação de **clareza**, foi questionado se o modelo apresenta-se logicamente estruturado quanto as fases e atividades para o desenvolvimento de moldes de injeção (**questão 6**). A maioria dos avaliadores (nove) consideraram que o modelo proposto atende totalmente este critério e um avaliador considerou que atende em muitos aspectos, conforme apresentado na Figura 6.6. Com esse resultado no contexto de avaliação, o modelo atingiu com êxito esse critério.

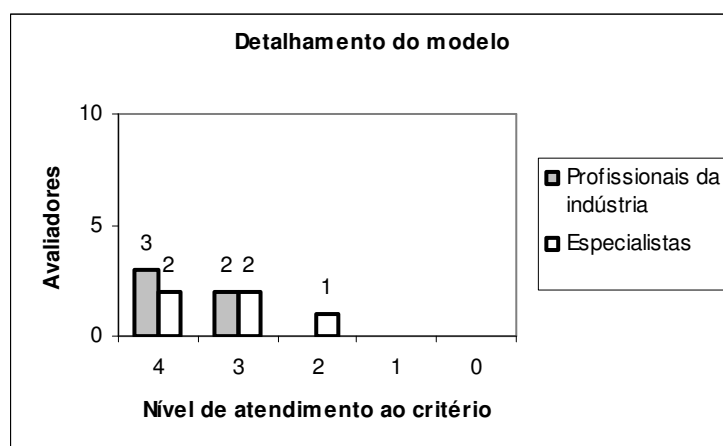


Figura 6.5 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de profundidade do nível de detalhamento do modelo proposto

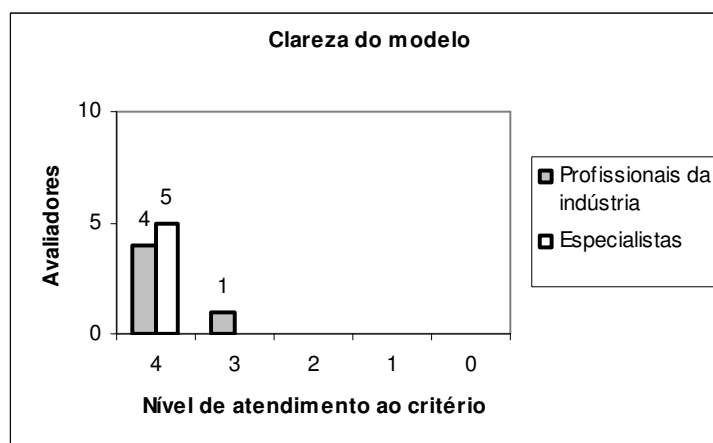


Figura 6.6 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de clareza do modelo proposto

Em relação ao critério de **consistência**, foi questionado se o fluxo de informações entre as fases do desenvolvimento é adequadamente especificado (**questão 7**). Como resultado obteve-se que seis avaliadores consideraram que o modelo atende totalmente este critério e quatro que atende em muitos aspectos, como pode-se observar na Figura 6.7. Assim, baseado nos resultados desta avaliação, conclui-se que o modelo proposto atingiu com êxito esse critério.

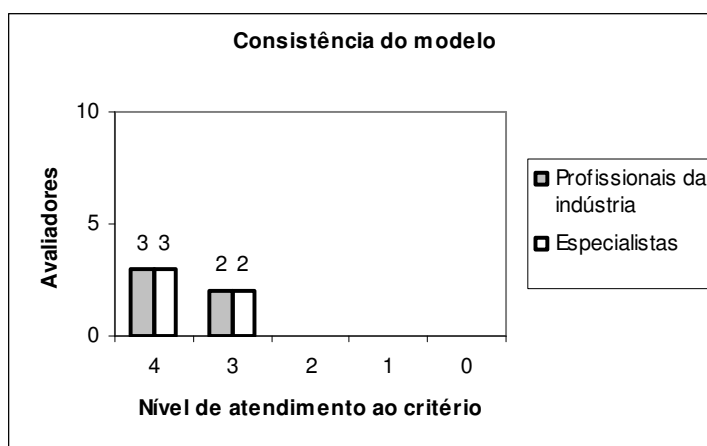


Figura 6.7 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de consistência do modelo proposto

Quanto ao critério de **aplicabilidade** questões em relação a aplicação do modelo às necessidades da empresa e se o modelo poderia ser empregado em diferentes tipos de moldes foram analisadas.

Como resultado da aplicação do modelo proposto junto às necessidades da empresa (**questão 8**), observa-se que sete avaliadores consideraram que o modelo atende totalmente esse critério e três que o modelo atende em muitos aspectos, como pode-se observar na Figura 6.8.

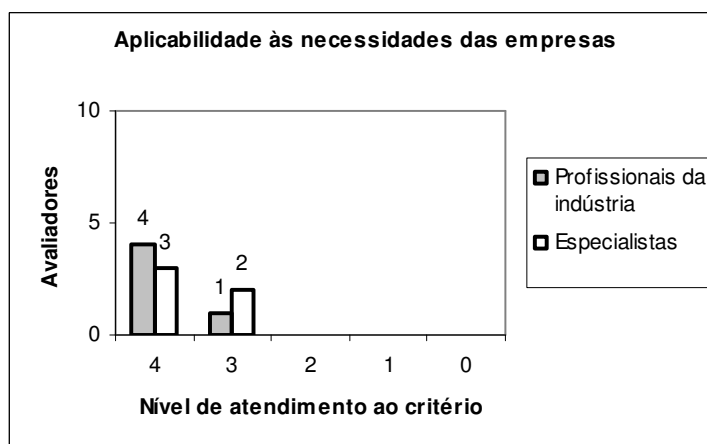


Figura 6.8 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de aplicabilidade do modelo às necessidades dos fabricantes de moldes

Com base nos resultados desta avaliação, o modelo proposto atingiu com êxito o critério de aplicabilidade às necessidades das empresas.

Em relação a aplicação em diferentes tipos de moldes (**questão 9**), seis avaliadores consideraram que o modelo atende totalmente esta questão, três que atende em muitos aspectos e um que atende parcialmente. Assim, no contexto desta avaliação, pode-se concluir que o modelo pode ser aplicado em diferentes moldes.

O avaliador que considerou que o modelo atende parcialmente esta questão, realizou o seguinte comentário “...o modelo é interessante, mas devido as diversos tipos de moldes, fica difícil utilizar o modelo em todos os desenvolvimentos”.

Ressalta-se que para este trabalho não foi possível realizar um detalhamento para todos os tipos de moldes, contudo as ferramentas propostas podem ser adaptadas e detalhadas para os moldes que a empresa achar necessário.

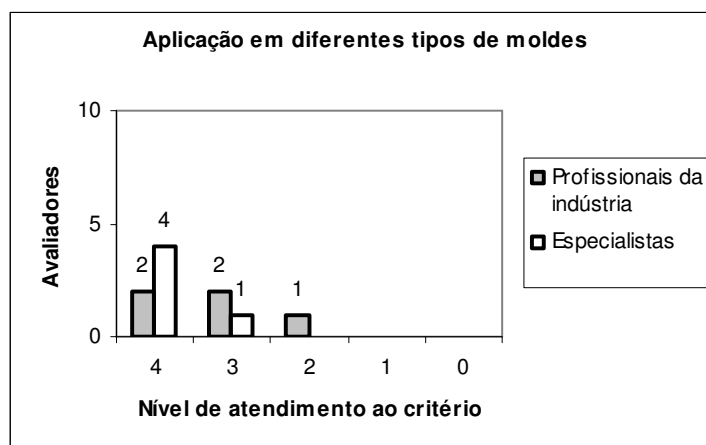


Figura 6.9 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de aplicabilidade do modelo proposto em diferentes tipos de moldes

No critério de **conteúdo** foi questionado se o modelo apresenta conteúdo suficiente para a realização da fase de contratação, do gerenciamento do processo de desenvolvimento do molde, do projeto, da fabricação e de testes no molde de injeção.

Em relação a questão de conteúdo para a fase de contratação (**questão 10**) sete avaliadores consideraram que o modelo atende totalmente esta questão e três avaliadores, que o molde atende em muitos aspectos, conforme é apresentado na Figura 6.10. Assim, com base nos resultados obtidos na avaliação pode-se concluir que o modelo atingiu com êxito o atendimento a esse critério.

Quanto ao conteúdo para o gerenciamento do processo (**questão 11**), sete avaliadores consideraram que o modelo atende totalmente e três, que atende em muitos aspectos, como observa-se na Figura 6.11. Com esse resultado baseado no contexto da avaliação, pode-se concluir que o modelo atingiu com êxito este critério.

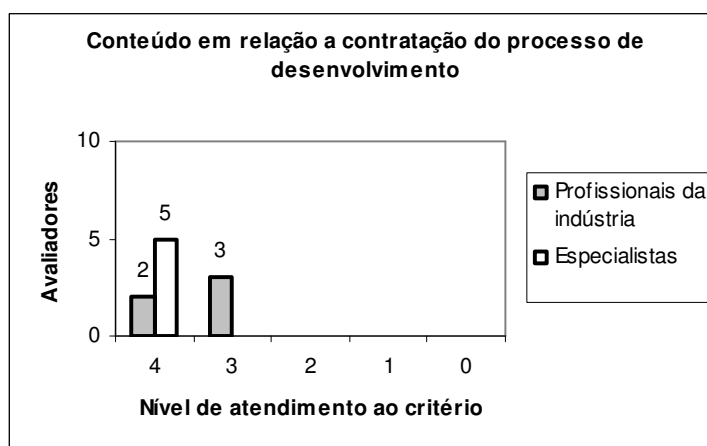


Figura 6.10 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de conteúdo para a contratação do processo de desenvolvimento do molde de injeção

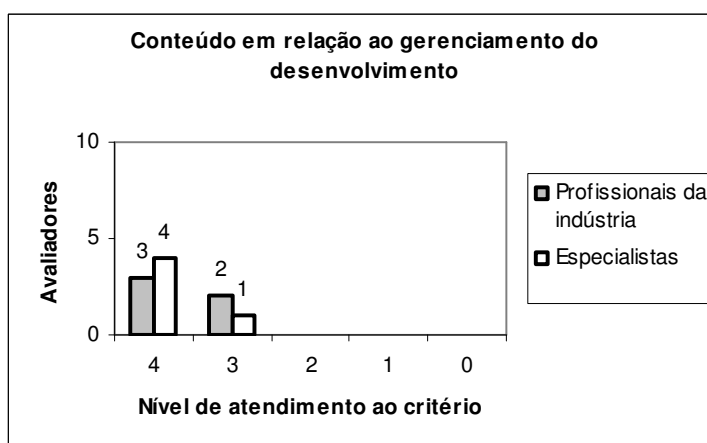


Figura 6.11 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de conteúdo no gerenciamento do desenvolvimento do molde de injeção

Em relação ao critério de conteúdo para a realização do projeto (**questão 12**), quatro avaliadores consideraram que o modelo atende totalmente, cinco que atende em muitos aspectos e um, que atende parcialmente como observa-se na Figura 6.12. Com base nos resultados obtidos na avaliação, pode-se concluir que o modelo proposto contém informações suficientes para a realização do projeto do molde.

O avaliador que atribuiu um entendimento parcial sugeriu inserir mais opções em relação ao sistema de refrigeração. Contudo, procurou-se no modelo de referência apenas relacionar os sistemas mais utilizados não considerando os sistemas de aplicações específicas.

Pode-se ainda considerar que em trabalhos futuros um maior detalhamento em relação ao dimensionamento dos sistemas que compõe o molde poderá ser realizado, por exemplo, o dimensionamento dos canais de entrada do sistema de alimentação.

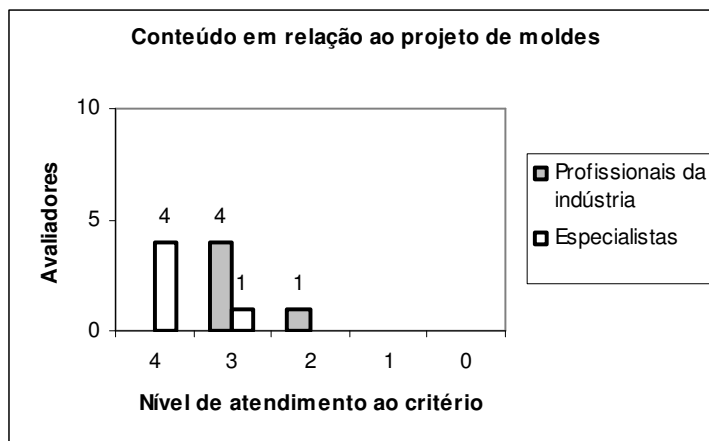


Figura 6.12 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de conteúdo suficiente para o projeto do molde de injeção

Para a fase de fabricação do molde (**questão 13**), três avaliadores consideraram que o modelo atende totalmente, dois, que atende em muitos aspectos e cinco, que atende parcialmente, como observa-se na Figura 6.13. Pode-se concluir com base nos resultados que o modelo apresenta deficiências em relação a fase de fabricação do molde.

Assim sugere-se que em trabalhos futuros, propostas de ferramentas de auxílio para a fase de fabricação do molde devam ser elaboradas em maiores detalhes.

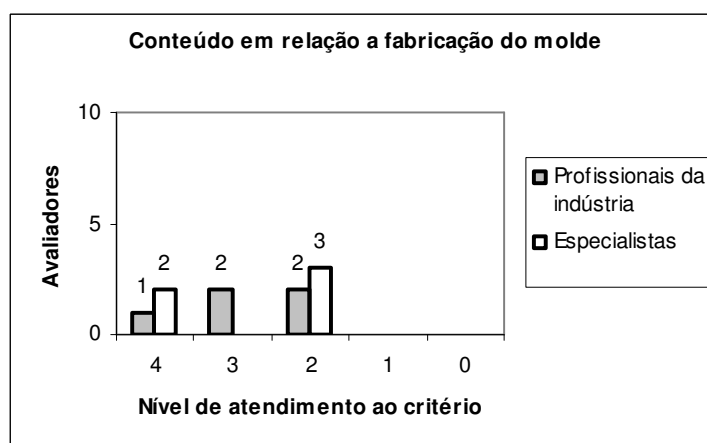


Figura 6.13 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de conteúdo na fase de fabricação do molde de injeção

Quanto ao critério de conteúdo para a realização de testes nos moldes (**questão 14**), cinco avaliadores consideraram que o modelo atende totalmente, quatro, que atende em muitos aspectos e um, que atende parcialmente, como observa-se na Figura 6.14. Com base nos resultados observados, pode-se concluir que o modelo proposto atendeu este critério.

Ressalta-se que o avaliador que considerou que o modelo atendeu parcialmente este critério, não realizou nenhum comentário.

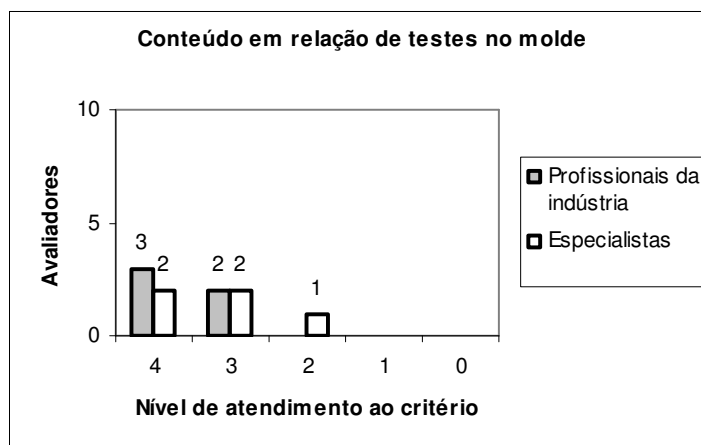


Figura 6.14 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de conteúdo para a realização de testes no molde de injeção

No critério de **flexibilidade** foi questionado se o modelo permite modificações para a inserção de novas fases, atividades ou ferramentas (**questão 15**). Neste sentido, seis avaliadores consideraram que o modelo atende totalmente este quesito e quatro, que atende em muitos aspectos, como observa-se na Figura 6.15. Conclui-se assim, que o modelo atingiu com êxito esse critério.

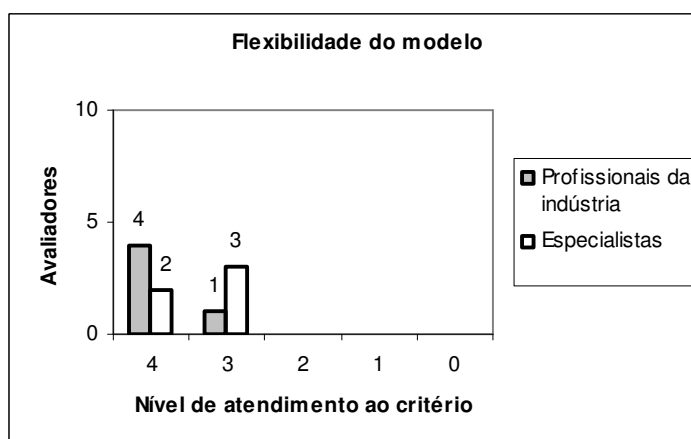


Figura 6.15 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação ao critério de flexibilidade do modelo proposto

O último critério considerado foi o de **benefícios** que o modelo poderá trazer para auxiliar no desenvolvimento de moldes, em relação a: cumprimento do prazo de desenvolvimento, redução dos custos, controle da qualidade e na utilização eficiente dos recursos internos e externos.

Em relação ao cumprimento dos prazos (**questão 16**), seis avaliadores consideraram que o modelo atende totalmente, quatro, que atende em muitos aspectos, como observa-se na Figura 6.16. Como esse resultado, conclui-se que o modelo proposto segundo os avaliadores atingiu com êxito o critério analisado.

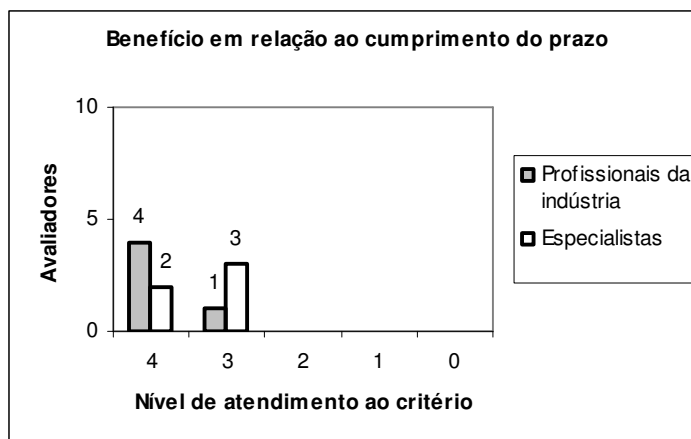


Figura 6.16 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação a benefícios para o cumprimento do prazo de desenvolvimento do molde de injeção

Quanto ao critério de benefício para a redução de custos (**questão 17**), seis avaliadores consideraram que o modelo atende totalmente e quatro, que atende em muitos aspectos, como observa-se na Figura 6.17. Conclui-se assim, com os resultados obtidos que o modelo atingiu com êxito esse critério segundo os avaliadores.

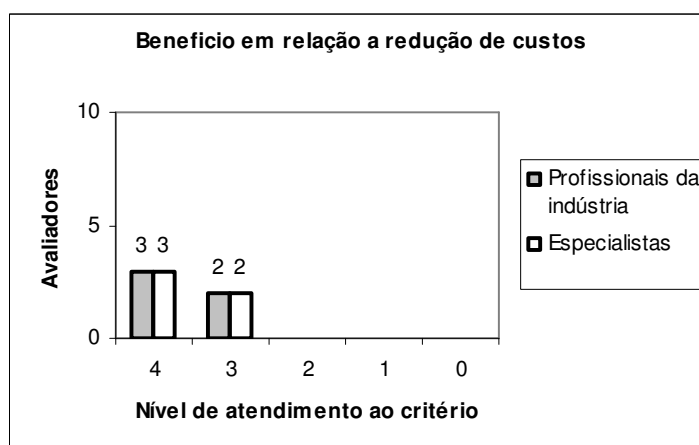


Figura 6.17 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação a benefícios para a redução de custos no desenvolvimento de moldes de injeção

Em relação ao critério de benefício para o controle da qualidade (**questão 18**), quatro consideraram que o modelo atende totalmente, cinco, que atende em muitos aspectos e um,

que atende parcialmente, como observa-se na Figura 6.18. Não foi apresentado nenhum comentário sobre esta questão.

Com base nos resultados, conclui-se que o modelo proposto, segundo os avaliadores, poderá trazer benefícios para a realização do controle de qualidade no processo de desenvolvimento de moldes.

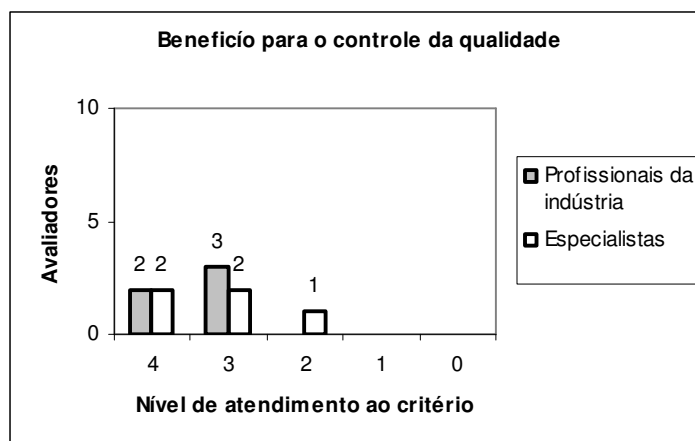


Figura 6.18 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação a benefícios para o controle da qualidade no desenvolvimento de moldes injeção

Por fim quanto ao critério de benefício na utilização eficiente dos recursos internos e externos (**questão 19**), sete avaliadores consideraram que o modelo atende totalmente e três, que atende em muitos aspectos, como observa-se na Figura 6.19. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o modelo atingiu de acordo com os avaliadores com êxito esse critério.

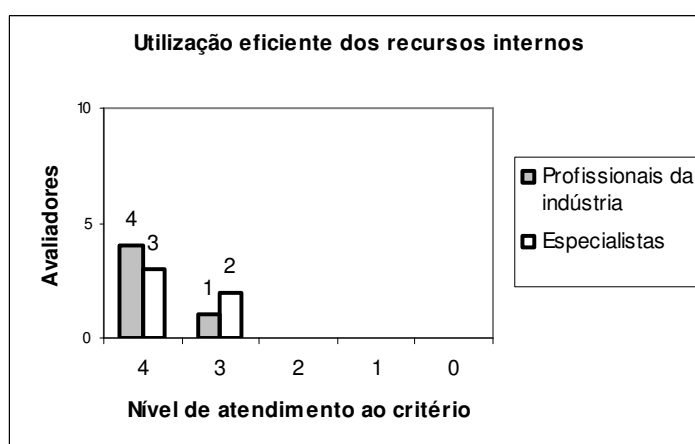


Figura 6.19 - Resultado da avaliação dos profissionais da indústria e dos especialistas em relação a utilização eficiente dos recursos internos da empresa fabricante de moldes

No espaço destinado a comentários e sugestões, um especialista relatou:

Gostei bastante do trabalho, mas me preocupa a sua efetiva utilização. Não encontrei, ao menos nesta primeira avaliação, um procedimento ou instruções para adaptação do modelo. Considerando que em grande parte das ferramentarias ainda se encontra distante de tal grau de sistematização, e não possuem estrutura e disciplina para adotar o modelo na íntegra, se torna interessante a definição deste procedimento de adaptação (pode ser sugestões para trabalhos futuros). As notas 3 dadas em minha avaliação estão relacionadas a esta visão.

A observação realizada pelo especialista é interessante, pois não foi realmente discutido neste trabalho como o modelo deverá ser implementado nas empresas. Como este modelo de referência pode conter para algumas empresas novos métodos de trabalho, deverá ser primeiramente realizado pelos diretores da empresa fabricante de moldes uma análise cuidadosa se todas as atividades e ferramentas que são descritas no modelo deverão ser implementadas em um só momento, ou se a implementação se dará de forma gradual.

Para os fabricantes de moldes que estão iniciando, o modelo proposto neste trabalho poderá ser totalmente implementado.

Outro comentário realizado por um especialista foi que o trabalho está muito completo e que deveria ser adaptado para um *software* que poderia ser utilizado pelos fabricantes de moldes, resultando assim em uma boa sugestão para trabalhos futuros.

Um outro especialista sugeriu que na fase de fabricação fossem identificados nas atividades, os processos de fabricação, por exemplo: fresamento, eletroerosão, retífica e torneamento, assim para os futuros trabalhos que realizarão o detalhamento mais completo da fase de fabricação esta sugestão deverá ser analisada.

Um especialista considerou que há um grande fluxo de informações no gerente de projeto, cabendo aqui algumas considerações.

Este trabalho identificou quais são as informações necessárias para o desenvolvimento de moldes e propôs várias ferramentas para a organização do processo. Assim, o gerente de projeto, deverá realizar o gerenciamento das informações, que inclusive, já são utilizadas no dia a dia do processo de desenvolvimento de moldes, contudo as informações estão distribuídas com os vários executores do processo de desenvolvimento. Assim é necessário realizar a centralização das informações em uma pessoa que a disponibilizará nas ferramentas descritas no trabalho e que ficarão disponibilizadas para todos.

Um outro comentário diz que : “... o trabalho foi bem elaborado, pois seu conteúdo é focado em detalhes que passam despercebidos no dia a dia da empresa.” Este comentário reflete os resultados alcançados no processo de avaliação de muitos dos critérios como por exemplo, o de abrangência, representação e profundidade.

Após a realização da análise das avaliações, considera-se com base no contexto de

avaliação que o modelo proposto neste trabalho pode ser utilizado nas empresas fabricantes de moldes, revertendo em melhorias do processo de desenvolvimento de moldes.

6.3 – Considerações finais

Neste capítulo foi descrito o processo de avaliação do modelo de referência de desenvolvimento de moldes de injeção, sendo a avaliação realizada por profissionais da indústria e especialistas da área.

O processo de avaliação ocorreu na forma de preenchimento de um questionário que abordou os critérios de abrangência, representação, profundidade, clareza, consistência, aplicabilidade, conteúdo, flexibilidade e benefícios, em que foi elaborada pelo menos uma questão para cada critério, sendo respondidas pelos profissionais e especialistas.

Com a análise da avaliação realizada, pode-se observar que o modelo atingiu os seus objetivos em todas as questões analisadas, sendo em 12 (doze) delas com êxito.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo, serão apresentadas as conclusões deste trabalho bem como as sugestões para futuras pesquisas na área.

7.1 – Conclusões do trabalho

O objetivo principal deste trabalho foi o de desenvolver um modelo de referência para o processo de desenvolvimento integrado de moldes de injeção de termoplásticos que relacionasse elementos de metodologia de projeto, gerenciamento de projetos e de engenharia simultânea.

Visando este objetivo foi realizada primeiramente a revisão de literatura que identificou vários trabalhos relacionados ao desenvolvimento de moldes de injeção. Após a revisão, foi realizada uma pesquisa no pólo de Joinville para identificar os fabricantes de moldes de injeção que realizavam internamente o processo de desenvolvimento de molde. Na sequência, foi feita uma pesquisa exploratória para conhecer as características desses fabricantes de moldes.

Uma pesquisa de campo mais detalhada também foi realizada com fabricantes de moldes no pólo de Joinville – SC e de Marinha Grande (Portugal), caracterizando com mais profundidade os processos utilizados no desenvolvimento de moldes.

Com as etapas anteriores concluídas, foi possível realizar a proposição do modelo de referência para o processo de desenvolvimento integrado de moldes de injeção de termoplásticos, que foi descrito no Capítulo 5. No modelo de referência proposto destacam-se os seguintes elementos:

a) metodologia de projeto: foram definidas 5 (cinco) fases necessárias para o desenvolvimento de moldes, sendo elas a de contratação, planejamento, projeto, fabricação e certificação do molde. Em cada uma dessas fases foram definidas as atividades, métodos e ferramentas necessários para sua execução.

Essas proposições se diferenciam em relação aos modelos pesquisados na literatura primeiramente pelo fato do modelo considerar as cinco fases de forma integradas com a utilização de várias ferramentas de auxílio propostas para esta finalidade, não sendo localizado na literatura trabalho semelhante para este segmento.

O registro formal das informações do processo de desenvolvimento de moldes realizado por meio da utilização da metodologia, também é importante para as empresas deste setor, pois possibilitará consultas para a verificação das soluções de projeto encontradas, custos

realizados e os problemas ocorridos.

O modelo de referência se difere dos demais por orientar e esclarecer em detalhes quais são as atividades necessárias para o desenvolvimento de moldes de injeção, que devem ser realizadas (o que fazer), quando e por quem fazer, além dos métodos e ferramentas (como fazer), diminuindo possíveis alterações no decorrer do processo de desenvolvimento, visando à obtenção de moldes de injeção de qualidade, no tempo certo e com o custo adequado tanto para o cliente como para o fabricante de moldes.

b) gerenciamento de projetos: os processos de gerenciamento de projetos foram adaptados e utilizados no modelo proposto, incluindo como diferencial em relação a outros modelos, não somente prescrições para a solução de problemas técnicos, mas para o gerenciamento do projeto. Com isso, e considerando as características do setor, potencializa-se melhor planejamento e controle das atividades do desenvolvimento de moldes.

Conhecendo de forma mais clara os recursos comprometidos, a estimativa dos custos e tempos necessários para o desenvolvimento tenderá a se aproximar do real, atenuando com isso os problemas os erros de alocação de tempo e recursos além do previsto.

Com o modelo de referência, os recursos disponíveis para o desenvolvimento do molde são utilizados de forma mais eficiente, refletindo em uma maior produtividade em todo o processo, com isso, o prazo estabelecido para o desenvolvimento do molde, tenderá a ser menor, comparado aos que são praticados sem a utilização do modelo de referência.

Conforme discutido anteriormente, o modelo tem como diferencial a determinação dos custos do projeto realizado por meio da integração das várias atividades necessárias para o desenvolvimento do molde.

c) engenharia simultânea: constam no modelo conceitos de engenharia simultânea, como por exemplo, na formação de equipes multidisciplinares das várias áreas de conhecimento das empresas fabricantes de moldes para a realização de atividades em conjunto, realizando desta maneira uma aproximação dos colaboradores das várias áreas da empresa.

Na fase de projeto foram propostos vários formulários e ferramentas de apoio para que o foco do projeto do molde sejam as necessidades do cliente, por exemplo, a utilização da casa da qualidade (QFD).

As restrições e requisitos da fabricação na fase de projeto também estão considerados na fase de projeto do molde no modelo proposto.

No modelo proposto neste trabalho, a empresa terá todas as informações necessárias para o desenvolvimento do molde a disposição de forma clara e no tempo correto. Assim, as atividades se desenvolverão no tempo determinado ou até mesmo antes, eliminando o tempo

de espera por essas informações. As soluções de projeto serão também melhoradas, além de possíveis retrabalhos originados por erros de interpretação de informações.

Na fase de **contratação do desenvolvimento do molde**, o método de realização do orçamento baseado nas atividades e a utilização de moldes padrões foram as novas propostas apresentadas em relação aos modelos estudados. Com isso, potencializa-se maior precisão na definição dos custos de desenvolvimento do molde. Várias ferramentas na forma de formulários também foram propostos para esta fase, com a finalidade de auxiliar na determinação do tempo e na redução de retrabalhos devidos à falta de informações durante o desenvolvimento do molde.

Na fase de **planejamento do desenvolvimento do molde**, a adequação dos processos de gerenciamento de projetos para as empresas fabricantes de moldes, e a proposição das várias ferramentas descritas no trabalho contribuem para a melhor organização das atividades necessárias ao desenvolvimento, como também para um melhor planejamento em relação ao custo e ao tempo do desenvolvimento do molde.

Na fase de **projeto do molde**, várias ferramentas de apoio foram sugeridas com a finalidade de auxiliar o projetista de moldes na busca das soluções mais apropriadas. As atividades de projeto, que de acordo com a pesquisa de campo, demonstrou uma variação para cada projetista foram sistematicamente definidas objetivando com isso melhor orientar a solução de problemas.

Outra observação é que as ferramentas propostas para a fase de projeto do molde procuram considerar com ênfase as necessidades do cliente. Com isso, procura-se reduzir o retrabalho por meio de vários itens de verificação propostos a medida que o projeto evolui.

Para a fase de **fabricação do molde**, que não foi o foco principal do trabalho, considera-se que a proposição de moldes-padrão irá auxiliar de forma significativa a produção do molde de injeção de uma forma mais eficiente e rápida, pois a produção de componentes de dimensões iguais ou semelhantes tende a diminuir possíveis erros de fabricação. Outra possibilidade é a terceirização ou compra de certos componentes visando a diminuição do tempo de fabricação.

Destaca-se também que as considerações das restrições da fabricação na fase de projeto, representarão também uma diminuição de erros causados por uma possível falta de conhecimento do processo pelo projetista.

Em relação à fase de **certificação do molde**, foram propostas atividades para os testes no molde que, juntamente com as ferramentas de apoio, auxiliarão o fabricante na verificação da funcionalidade do molde, para que não sejam detectados problemas após o seu envio para o cliente.

A avaliação do modelo de referência proposto foi realizada por profissionais da indústria

de moldes e por especialistas nas áreas de conhecimento deste trabalho, resultando segundo a percepção dos avaliadores que o modelo atendeu todos os critérios estabelecidos.

Ressalta-se que do total de 19 (dezenove) questões, 12 (doze) atenderam segundo os avaliadores com êxito os critérios estabelecidos, e que em 7 (sete) o modelo obteve uma boa avaliação.

Considerando os resultados da avaliação do modelo de referência proposto e as conclusões apresentadas neste capítulo, conclui-se que o modelo proposto contribui para o desenvolvimento de moldes com mais eficiência, trazendo benefícios para o cumprimento do tempo de desenvolvimento, do custo e da qualidade dos moldes de injeção, contribuindo também para que os fabricantes de moldes utilizem de uma maneira mais eficiente os recursos internos e externos.

7.2 – Sugestões para futuros trabalhos

As recomendações para trabalhos futuros nessa área são:

- a) Determinar com maiores detalhes quais são os direcionadores de custos que podem ser utilizados pelas empresas para a realização do orçamento do molde de injeção. Neste trabalho, foram propostos alguns direcionadores de custo, que poderão ser complementados. O desenvolvimento de um sistema computacional utilizando o método proposto poderá também ser realizado, objetivando uma maior rapidez no levantamento e no cálculo dos custos;
- b) Realizar um estudo mais detalhado para desenvolver outras ferramentas de apoio para a fase de projeto de moldes. As ferramentas propostas na fase de projeto preliminar podem ser complementadas com informações em relação ao dimensionamento dos sistemas (refrigeração, alimentação, extração e saída de gases) do molde;
- c) Detalhar as atividades da fase de fabricação do molde, incluindo ferramentas de apoio para a determinação dos parâmetros de processos e de formas mais eficientes de produção dos componentes do molde;
- d) Complementar o modelo de referência deste trabalho com uma proposta de implementação nas empresas fabricantes de moldes, conforme sugestão de um dos avaliadores;
- e) Implementar computacionalmente o modelo para que as ferramentas propostas possam ser utilizadas de forma mais eficiente, interligadas e integradas em um mesmo *software*;
- f) Propor ou adaptar modelos de referência de desenvolvimento de componentes injetados, considerando as fases e atividades do desenvolvimento dos moldes de injeção descritas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007. Disponível em: www.abnt.org.br. Acesso em 20 de julho de 2007.

AHRENS, C.H. **Características Desejáveis à Implantação e o Emprego de Sistemas CAE/CAD/CAM no Setor de Moldes de Injeção de Plásticos**, Florianópolis, Tese de Doutorado, UFSC, 1994.

AMARAL, C. **Sistematização da Gestão do Conhecimento Técnico na Geração de Princípios de Solução na Fase de Reprojetado Conceitual de Produtos**. Florianópolis, Dissertação de Mestrado, UFSC, 2001.

BACK, N. **Metodologia de Projeto de Produtos Industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. **Projeto Integrado de Produtos: planejamento, concepção e modelagem**. vol.1, 1 ed. Baueri: Manole, 2008.

BEAUMONT, J.P.; NAGEL, R.; SHERMAN, S. **Successful Injection Molding: Process, Design and Simulation**. Munchen: Hanser, 2002.

BEAUMONT, J.P. **Design Handbook**. Munchen: Hanser, 2004.

BORNIA, A. C. **Mensuração das Perdas dos Processos Produtivos**. Florianópolis, Tese de Doutorado, UFSC, 1995.

BORSATO, M. **Uma Plataforma de Suporte ao Gerenciamento do Desenvolvimento Rápido de Produtos Tecnológicos Através de Engenharia Simultânea**. Florianópolis, Tese de Doutorado, UFSC, 2003.

BOUAZIZ, A.; YOUNES, J. B.; ZGHAL, A. **Methodology of Machining Costs Evaluation for Die and Mould Manufacturing**. Journal of Materials Processing Technology, Great-Britain, n.152, p.237-245, out., 2004.

BRIMSON, J. **Contabilidade por Atividades - Uma Abordagem de Custeio Baseado em Atividades**. São Paulo: Atlas, 1996.

CAKIR, M. C.; IRFAN, O.; CAVDAR, K. **An Expert System Approach for Die and Mold Making Operations**. Robotics and Computer-Integrated manufacturing, Great-Britain, v.21, n.2, p.175-183, abr., 2005.

CASAROTTO FILHO, N.; FÁVERO, J. S.; CASTRO, J. E. E. **Gerência de Projetos/Engenharia Simultânea**. São Paulo: Atlas, 1999.

CATAPAN, M. F.. **Sistematização do Projeto Preliminar em Componentes de Plásticos Injetados: Uma Definição da Forma Usando o DFMA**. Florianópolis, Dissertação de Mestrado, UFSC, 2006.

CENTIMFE – Centro Tecnológica da Indústria de Moldes Ferramentas Especiais e Plásticos. **Manual do Projectista para Moldes de Injeção de Plástico**. Marinha Grande: Centimfe, 2003.

CHIN, K. S.; WONG, T.N. **Knoweldge-Based Evaluation for the Conceptual Design Development of Injection Molding Parts**. Engineering Applications Artificial Intelligent, Great-Britain, v.9, n.4, p.359-376, jul., 1996.

CHUNG, J.; LEE, K. **A Framework of Collaborative Design Environment for Injection Molding**. Computers in Industry, Great-Britain, v. 47, n.3, p.319-337, mar., 2002.

CLAUSING, D. **Total Quality Development – A Step-by-Step Guide to World-Class Concurrent Engineering**. New York: ASME Press, 1994.

C-MOLD, Manual do Usuário, 2000.

COSTA, C. A. **Product Range Models In Injection Mould Tool Design**. Loughborough, Doctoral Thesis, Loughborough University, 2000.

CRUZ, S. **Moldes de Injeção**. Curitiba: Hemus, 2002.

DANTAS, J. **Diferenças entre as Ferramentarias Nacionais e Portuguesas**. In: 4º Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes...,Joinville, 2006.

DARÉ, G. **Proposta de um Modelo de Referência para o Desenvolvimento Integrado de Componentes de Plásticos**. Florianópolis, Dissertação de Mestrado, UFSC, 2001.

DARÉ, G.; FERREIRA, C. V.; OGLIARI, A.; BACK, N.; AHRENS, C.H.; JÚNIOR, A.S. R.; BEAL, V. **Aplicação da Engenharia Simultânea ao Processo de Desenvolvimento de Componentes Plásticos Moldados por Injeção: Um Estudo de Caso**. In: 3º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. Anais..., Florianópolis, 2001.

D'AVILA, M.A. **Processo de Moldagem por Injeção de Polímeros Semicristalinos Caracterização e Simulação Assistida por Computador**. Florianópolis, Dissertação de Mestrado, UFSC, 1997.

DIHLMANN, C. **Gerenciamento de Custos: Fator Decisivo de Sucesso.** Ferramental – Revista Brasileira da Indústria de Ferramentais, Joinville, ano I, n. 2, p. 27-33, set./out., 2005.

DIHLMANN, C. **Avaliação de Defeitos em Peças Injetadas em Termoplásticos.** Ferramental – Revista Brasileira da Indústria de Ferramentais, Joinville, ano I, n. 5, p. 46-48, mar./abr., 2006.

DIHLMANN, C. **Tigres Asiáticos: Risco x Oportunidade.** Disponível em: www.acij.com.br/upload/13/Joinville.pps. Acesso em: 10 de setembro de 2007.

DINSMORE, P. **Como se Tornar um Profissional em Gerenciamento de Projetos: Livro-Base de “Preparação para Certificação PMP® - Project Management Professional”.** Rio de Janeiro: Qualimark, 2003.

DURAN, O. **Engenharia de Custos Industriais.** Passo Fundo: UFP Editora, 2004.

DYM, J. B. **Injection Molds and Molding.** 2 ed. New York: Van Nostrand, 1987.

EVERSHEIM, W.; GRUPTA, C.; KUMPER, R. **Metacost, Um Método para Estimar os Custos na Manufatura.** Máquinas e Metais, São Paulo, ano XXXV, n. 394, p. 34-43, nov., 1998.

FERREIRA, C.V. **Metodologia para as Fases de Projeto Informacional e Conceitual de Componentes de Plástico Injetado Integrando os Processos de Projeto e Estimativa de Custos.** Florianópolis, Tese de Doutorado, UFSC, 2002.

FERRO, S. **Setor tem Tecnologia de Ponta e Preço Coreano.** Plástico Moderno on line. Ed. 321, jun., 2001. Disponível em: http://www.plastico.com.br/revista/pm321/moldes/setor_tem_tecnologia.htm - acesso em 22 de janeiro de 2003.

FERRO, S. **Fabricantes se Aprontam para Competir na Alca.** Plástico Moderno on line. Ed. 334, mai., 2002. Disponível em: <http://www.plastico.com.br/revista/pm334/moldes1.htm> - acesso em 22 de janeiro de 2003.

FERRO, S. **Setor Ganha Maior Produtividade com Consolidação das Câmaras Quentes.** Plástico Moderno on line. Ed. 350, dez., 2003. Disponível em: <http://www.plastico.com.br/revista/pm350/moldes1.htm> - acesso em 07 de fevereiro de 2007.

FIGUEROA, C. **Nitretação de metais a plasma: princípios, comparações com as técnicas convencionais e aplicações.** Ferramental – Revista Brasileira da Indústria de Ferramentais, Joinville, ano II, n.10, p.13-16, jan./fev., 2007.

FISHER, G. **Competitiveness by Systematic Molul Pricing.** In: Agile Development for productivity- RPD 2004. Anais..., Marinha Grande, 2004.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do Processo de Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais e sua Implementação Computacional.** Florianópolis, Tese de Doutorado, UFSC, 2000.

- FUH, J. Y. H.; ZHANG, Y. F.; NEE, A.Y.C.; FU, M.W. **Computer-Aided Injection Mold Design and Manufacture**. New York: Marcel Dekker, 2004.
- GASNIER, D. **Gerenciamento de projetos**. São Paulo: Iman, 2000.
- GLASTROW, H. **Injection Molds: 108 Proven Designs**. Hanser: Munich, 1993.
- GODEC, D., CATIC, I., PERKOVIC, D. **Diagrama de Decisão: um Auxílio ao Projeto de Moldes**. Plástico Industrial, São Paulo, ano II, n. 19, p. 54-61, mar., 2000.
- GORNI, A. A. **Portugal, seus Moldes e o Futuro**. Plástico Industrial, São Paulo, ano V, n. 54, p. 8695, fev., 2003.
- GRELLMANN, D. A. **Utilização das Tecnologias de Estereolitografia e Microfusão para Aplicações em Prototipagem Rápida e Ferramental Rápido**. Florianópolis, Dissertação de Mestrado, UFSC, 2001.
- HARADA, J. **Moldes para Injeção de Termoplásticos – Projetos e Princípios Básicos**. São Paulo: Artiber, 2004.
- HARADA, J. **A Importância do Projeto de Moldes para Injeção de Termoplásticos**. Ferramental – Revista Brasileira da Indústria de Ferramentais, Joinville, ano I, n.6, p.27-34, ago./set., 2006.
- HOLTZ, O. A. **Noções de Tratamentos Térmicos**. 2 ed. Porto Alegre: Sagra-DC Luzzatto, 1992.
- IBGE. **As Micro e Pequenas Empresas Comerciais e de Serviços no Brasil: 2001**. Coordenação de Serviços e Comércio. Rio de Janeiro: IBGE, 2003. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/microempresa/microempresa2001.pdf>>. Acesso em: 15 jul., 2004.
- IMIHEZRI, S.S.S; SAPUAN, S.M.; AHMAD, M.M.H.M.; SULAIMAN, S. **A Study of the Comparasion of ‘V’ and ‘X’ Ribbing in a Composite Pedal Using Mold Flow Analysis Software**. Materials & Design, Great Britain, v.26, n.2, p. 157-166, abr., 2005.
- ISTMA - Internation Special Tooling and Machining Association – **2003 ISTMA Business Statistic Report**. Disponível em: <<http://www.istma.org/main.php?link=statistics>>. Acesso em: 11 jul., 2007.
- KAPLAN, R. S.; COOPER, R. **Custo e Desempenho – Administre os seus custos para ser mais competitivos**. São Paulo: Futura, 1998.
- KERZNER, H. **Gestão de Projetos: as Melhores Práticas**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- KERZNER, H. **Project Management: a Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling**. London: John Wiley & Sons, 1998.
- KOIKE, T. **Integração do Projeto e da Fabricação de Moldes para Injeção de Plásticos com o Auxílio de Tecnologias CAD/CAE/CAM**. Florianópolis, Tese de Doutorado, UFSC, 1995.

KRUGLIANSKAS, I.; TERRA, J. C.C. **Gestão do Conhecimento em Pequenas e Médias Empresas**. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

LEE, R. S.; CHEN, Y.M.; LEE, C.Z. **Development of a Concurrent Mold Design System: a Knowledge-Based Approach**. Computer Integrated Manufacturing Systems, Great-Britain, v.10, n.4, p.287-307, out., 1997.

LYNN, G.; REILLY, R. R. **Produtos Arrasadores**. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

LIRA, A. C. Q. **Estratégia Competitiva de Manufatura na Pequena Empresa: Estudo de Caso**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais... Niterói, 1998.

MALLOY, R. A. **Plastics Part Design for Injection Molding: an Introduction**. New York: Hanser, 1994.

MANRICH, S. - **Apostila do Curso de Tecnologia de Injeção de Termoplásticos**. São Carlos: DEMa/UFCar, 1995.

MARANHÃO, M.; MACIEIRA, M. E. B. **O Processo Nosso de Cada Dia – Modelagem de Processos de Trabalho**. Porto Alegre: Qualitymark, 2004.

MARIBONDO, J. F. **Desenvolvimento de uma Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares, Aplicada a Unidades de Processamento de Resíduos Sólidos Domiciliares**. Florianópolis, Tese de Doutorado, UFSC, 2000.

MASCARENHAS, W. N. **Sistematização do Processo de Obtenção do Leiaute Dimensional de Componentes de Plástico Moldados por Injeção**. Florianópolis, Dissertação de Mestrado, UFSC, 2002.

MARQUEZI, S. L. **Alternativas Disponíveis para as Empresas de Pequeno Porte no Desenvolvimento de Produto**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais..., Niterói, 1998.

MAXIQUIM. **Radiografia Nacional - Indústria de Moldes e Ferramentas para a Transformação de Plásticos**. Relatório. São Paulo, 2000.

MENEZES, L. C. M. **Gestão de Projetos**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MENGES, G., MOHREN, P. **How to Make Injection Molds**. 2 ed. Munich: Hanser, 1993.

MENNING, G. **Mold-Making Handbook**. 2 ed. Munichen: Hanser, 1998.

- MEREDITH, J. R. **Project Management: a Manager Approach**. Londres: John Wiley & Sons, 1995.
- MESQUITA, R., SIMÕES, F.F., CRUZ, F; **Tecnologias Avançadas de Produção na Indústria de Moldes e Ferramentarias- Um Estudo da Arte**. Portugal:Centimfe, 1999.
- MYLLA, A. Y. F. **Influência do Resfriamento na Qualidade de Peças Termoplásticas Moldadas por Injeção, com Estudo de Caso em Sistemas CAE**. Florianópolis, Dissertação de Mestrado, UFSC, 1998.
- MUNDIM, A. P.F. **Desenvolvimento de Produtos e Educação Corporativa**. São Paulo: Atlas, 2002.
- NAGAHANUMAIAH; RAVI, B.; MUKHERJEE, N. P. **An Integrated Framework for Die and Mold Cost Estimation Using Design Features and Tooling Parameters**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Great-Britain, v.26, n.9/10, p.1138-1149, out., 2005.
- NAKAMURA, M.M. **Estratégia Empresarial e as Pequenas e Médias Empresas: Um Estudo de Caso**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais..., Rio de Janeiro, 1999.
- NI, Q.; LU, W. F.; YARLAGADDA, P. K. D. V.; MING, X. **Business Information Modeling for Process Integration in the Mold Making Industry**. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Great-Britain, v.23, n.3, abr., 2007.
- NUNES, R.; FANTASIA, M.; RODRIGUES, A. C. **Um Modelo de Cálculo de Custos baseado nas Atividades - Aplicação às Empresas de Moldes**. O Molde, Marinha Grande, p. 30-33, dez., 2004.
- OGLIARI, A. **Sistematização da Concepção de Produtos Auxiliado por Computador com Aplicações no Domínio de Componentes de Plástico Injetado**. Florianópolis, Tese de Doutorado, UFSC, 1999.
- OLIVEIRA, R. C. F. **Gerenciamento de Projetos e Aplicação da Análise do Valor Agregado em Grandes Projetos**. São Paulo, Dissertação de Mestrados, USP, 2003.
- OTTO K.; WOOD K. **Product Design**. New Jersey: Prentice Hall, 2001.
- OZDEMIR, A.; ULUER, O.; GULDAS, A. **Flow front advancement of Molten Thermoplastic Materials During Filling Stage of a Mold Cavity**. Polymer Testing, Great-Britain, v.23, n.8, p. 957-966, dez., 2004.
- PADOVEZE, C. L. **Curso Básico Gerencial de Custos**. 2 ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.
- PAHL G.; BEITZ W. **Engineering Design: A Systematic Approach**. London: Springer-Verlag, 1996.

PAHL G.; BEITZ W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. H. **Projeto na Engenharia – Fundamentos do Desenvolvimento Eficaz de Produtos Métodos e Aplicações**. Tradução de Hans Andreas. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

PAMPLONA, E. O. **Contribuição para a Análise Crítica do Sistema de Custos ABC através da Avaliação de Direcionadores de Custos**. São Paulo, Tese de Doutorado, FGV/EASP, 1997.

PARSAEI, H. R.; SULLIVAN, W. G. **Concurrent Engineeringn – Contemporary Issues and Modern Design Tools**. Great-Britain: Chapman & Hall, 1993.

PARK, S.B. **Sistema Possibilita o Cálculo Preciso dos Custos de Manufatura de Ferramental**. Plástico Industrial, São Paulo, ano IV, n.46, p.62-67, jun., 2002.

PAYÁ, M. M. **Modelo ABC en la Fabricación de Moldes**. Trabalho final da disciplina: Nuevas Técnicas de Gestión de Costes, do programa de Doutorado em Cuestiones Actuales de Derección Y Gestión de Empresas, 2004. Disponível em: www.akurat.biz/web%20-%20COSTES%20MOLDES.pdf - acesso em abril de 2007.

PEIXOTO, F. L. **Considerações Quanto ao Uso de Técnicas para Análise de Fluxo em Cavidades de Moldes de Injeção**. Florianópolis, Dissertação de Mestrado, UFSC, 1999.

PEREIRA, N. **Teste de Moldes: da Marcação ao Teste**. O Molde, Marinha Grande, ano 15, n.53, 2002.

PROVENZA, F. **Moldes de Injeção**. São Paulo: Pro-tec, 1993.

PMBOK. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge PMBOK Guide**. 3 ed. Pennsylvania: Project Management Institute, 2004.

PUGH, S. **Total Design**. Wokingham: AddisonWesley, 1991.

RECK NETO, A. **Proposta de Procedimento para o Dimensionamento Mecânico de Moldes de Injeção**. Florianópolis, Dissertação de Mestrado, UFSC, 2001.

REES, H. **Mold Injection**. New York: Hanser, 1995.

REINERT, A. **Análise de Defeitos em Peças Plásticas**. Apostila do curso de pós-graduação em Desenvolvimento de Componentes Plásticos. Curitiba: Sociesc, 2005.

REIS, D. L. **Metodologia de Implementação do Custeio Baseado em Atividades (ABC) para a Gestão de Pequenas Empresas de Prestação de Serviços Técnicos**. Florianópolis, Dissertação de Mestrado, UFSC, 2003.

RESENDE^a A. F. C. **Estudo da Competitividade dos Clusters Produtores de Moldes e Embalagens Plásticas da Região de Joinville**. Relatório Interno Ipea²²-MG e IST²³, 2002.

RESENDE^b M. F. C. **Estudo do Potencial de Crescimento e da Competitividade dos Clusters Produtores de Moldes e de Embalagens Plásticas de Joinville e da Região do ABC Paulista**. Relatório Interno Ipea- MG 2002.

²² Ipea - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

²³ IST- Instituto Superior Tupy.

ROMANO, L. N. **Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas**. Florianópolis, Tese de Doutorado, UFSC, 2003.

ROSATO, D. V.; ROSATO, D. V. **Injection Molding Handbok**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1995.

ROOZENBURG, N. F. M; EEKELS, J. **Product Design: Fundamentals and Methods**. Great-Britain: John Wiley & Sons Ltd., 1995.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRADINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos – Uma Referência para a Melhoria do Processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SACCHELLI, C.M; HESSE, R. **Utilização de Sistemas CAE no Projeto de Moldes de Injeção**. Revista do IST, Joinville, ano 1, n.2, p. 53-57, Jul., 2000.

SACCHELLI, C.M.; REINERT, A. **Análise do Processo de Injeção de Termoplásticos Através de Sistemas CAE**. In: 2º Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica. Anais... João Pessoa, 2002.

SACCHELLI, C.M.; OGLIARI, A.; AHRENS, C.H.; SILVA, D. T.; TEXEIRA, J. A.; **Caracterização do Modelo de Gerenciamento e de Desenvolvimento de Moldes em Ferramentarias do Pólo Industrial de Joinville-SC**. In: 3º Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. Anais...Belém do Pará, 2004.

SACCHELLI, C. M.; SOUZA, A. F.; SCALICE, R. K.; GILAPA, L. M.; LACERDA, M. M. **Estudo da manufatura de produtos que utilizam ferramentais**. Revista do IST, Joinville, ano 6, n.7, p. 31-36, Out. 2006.

SALVADOR, V. L., ZEILMANN, R. P., COSTA, C. A. **Estudo Comparativo das Atividades Envolvidas no Processo de Projeto de Moldes de Injeção**. In: 4º Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica. Anais... Recife, 2006.

SANDVIK. **Fabricação de Moldes & Matrizes**. São Paulo, 2002.

SANTOS, A. **Ensaio de Moldes...Outra Opinião**. O Molde, Marinha Grande, ano 15, n. 53, 2002.

SANTOS, A., BEZERRA, A. A., MACHADO, A. R., *et al.* **Usinagem em Altíssimas Velocidades**. São Paulo: Érica, 2003.

SILVEIRA, A. P. P. **A Satisfação do Cliente de Ferramentarias: Cumplicidade com Responsabilidade**. Ferramental – Revista Brasileira da Indústria de Ferramentais, Joinville, ano I, n. 1, p. 09-12, jul./ago., 2005.

SYAN, C. S.; MENON, U. **Concurrent Engineering – Concepts, Implementation and Practice**. London: Chapman Hall, 1994.

SMITH, R.P. **The Historical Roots of Concurrent Engineering Fundamentals**. IEEE Transactions on Engineering Management, United States, v.44, n.1, p.67-78, feb., 1997.

SOUZA, A, F **Contribuição ao Fresamento de Geometrias Complexas Aplicando a Tecnologia de Usinagem com Altas Velocidades**. São Carlos, Tese de Doutorado, USP, 2004.

SOUZA, R.; SACCHELLI, C.M. **Estudo Preliminar do Gerenciamento do Custo e do Prazo em Empresas Fabricantes de Moldes e Matrizes**. In: Congresso Brasileiro de Desenvolvimento e Gerenciamento de Produto. Anais... Gramado, 2003.

SORS, L.; BARDÓCZ, L; RADNOTI, I. **Plásticos Moldes e Matrizes**. São Paulo: Hemus, 1998.

SPRAGUE, R.A.; SINGH, K.J.; WOOD, R.T. **Concurrent Engineering in Product Development**. IEEE Design & Test of Computers, United States, v.44, n.1, 1997.

TONOLLI, E. J. Jr. **Ambiente Colaborativo para o Apoio ao Desenvolvimento de Moldes para Injeção de Plásticos**. Florianópolis, Dissertação de Mestrado. UFSC, 2003.

ULMAN, D.G. **The Mechanical Design Process**. New York: McGraw Hill, Mechanical Technology Series, 1996.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, A.D. **Product Design and Development**. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

VALLEJOS, R.V.; GOMES, J.O.; WEINGAERTNER, W. **Uma Reflexão Sobre as Ferramentarias Nacionais**. Plástico Industrial, São Paulo, p. 96-101, set., 1998.

VALLEJOS, R.V. **Um Modelo para Formação de Empresas Virtuais no Setor de Moldes e Matrizes**. Florianópolis, Tese de Doutorado. UFSC, 2005.

VERNADAT, F. B. **Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications**. London: Chapman & Hall, 1996.

VICENTE, M. F. **Manual de Procedimentos para a Indústria de Moldes**. Marinha Grande: Cefamol, 1995.

VIEIRA, F. D., ROMERO, F. **Uma Tipologia de Análise da Inovação no Setor dos Moldes em Portugal**. Comportamento Organizacional e Gestão, Lisboa, v.11, n.1, mar., 2005.

WERNKE, R. **Gestão de Custos – Uma Abordagem Prática**. São Paulo: Atlas, 2004.

YAZDANI, B; HOLMES, C. **Four Models of Design Definition: Sequential, Design Dentered, Concurrent and Dynamic**. Journal of Engineering Design, Great-Britain, v. 10, n.1, pp. 25-27, mar., 1999.

YIN, R. K. **Case Study Research: Design and Methods**. 2. ed. London: SAGE, 1994.

ZLUHAN, G. P. **Sistema de Orçamento para Fabricação de Molde de Injeção para Termoplástico**. Florianópolis, Dissertação de Mestrado UFSC, 1998.

APÊNDICE A – TIPOS DE MOLDES DE INJEÇÃO

A.1. Introdução

Esse Apêndice tem por finalidade apresentar os tipos de moldes de injeção.

A.2. Tipos de molde

O molde de injeção é classificado de acordo com a norma DIN 1670, denominada Moldes de Injeção e Compressão de Componentes em: moldes de duas placas, moldes de três placas ou placa flutuante, moldes com partes móveis, moldes com canal quente, *stack molds* e moldes com núcleo rotativo (GLASTROW, 1993).

A Tabela A.1 ilustra os exemplos de cada um destes moldes, bem como sua vantagem e desvantagem.

Tabela A.1- Tipos de moldes de injeção com as suas vantagens e desvantagens (Continua)

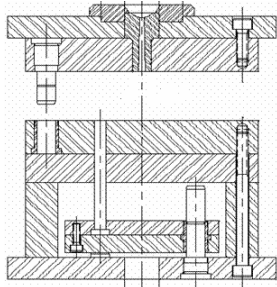
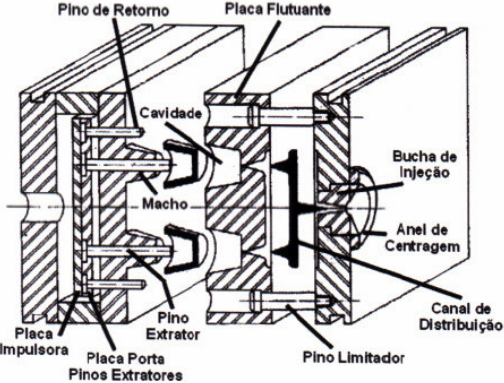
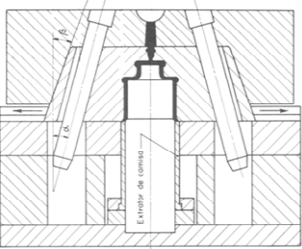
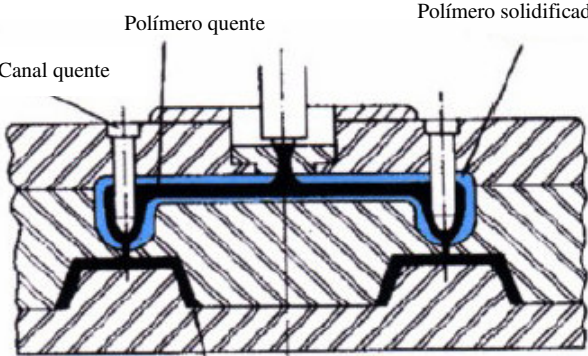
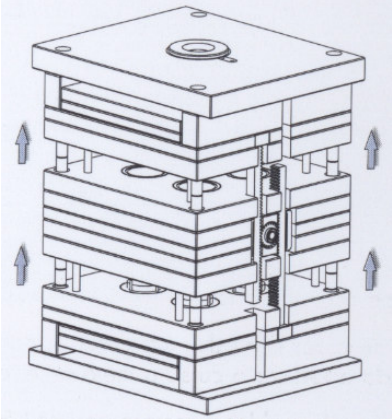
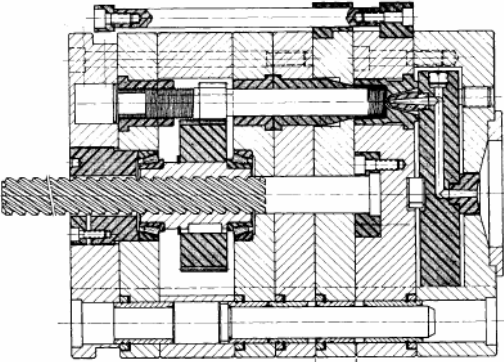
Tipo do molde	Exemplo
<p>Moldes de 2 placas: molde mais simples, composto da parte móvel e da fixa, é o molde mais utilizado.</p> <p>Vantagem: facilidade de desenvolvimento, custo mais baixo comparado com os outros tipos de moldes.</p> <p>Desvantagem: dificuldade de se obter o componente injetado de forma geométrica complexa.</p>	
<p>Moldes de 3 placas: composto além da placa fixa e móvel da placa flutuante, que tem como função separar o canal de distribuição do componente injetado.</p> <p>Vantagem: utilizado para componentes com múltiplos pontos de injeção, não necessita de etapa posterior de retirada do canal de alimentação do componente injetado.</p> <p>Desvantagem: maior custo de desenvolvimento e maior manutenção, comparado ao molde de 2 placas. Não indicado para componentes de grandes dimensões, devido ao maior peso do molde e de necessitar um maior curso de abertura.</p>	
<p>Moldes com partes móveis: possui componentes que se movimentam em direções diferentes da abertura do molde.</p> <p>Vantagem: possibilidade de se obter geometrias com variados detalhes (reentrâncias ou rebaixos).</p> <p>Desvantagem: manutenção elevada, de custo mais elevado comparado ao de 2 e 3 placas.</p>	

Tabela A.1- Tipos de moldes de injeção com as suas vantagens e desvantagens (Continuação)

Tipo do molde	Exemplo
<p>Moldes com canal quente: há acessórios neste tipo de molde, que mantém a temperatura do material polimérico elevado dentro do molde, fazendo que o mesmo chegue mais rápido a cavidade e que não se necessite de canais de alimentação.</p> <p>Vantagem: não possui etapa de retirada de canal de alimentação, economia de material, maior produção, devido o ciclo do processo de transformação ser menor.</p> <p>Desvantagem: custo e manutenção elevados.</p>	
<p>Stack molds: molde que possui a sua abertura em duas regiões, possibilitando assim a obtenção de um número maior de componentes injetados.</p> <p>Vantagem: possibilita o dobro da quantidade de produção dos moldes de 2 e 3 placas.</p> <p>Desvantagem: manutenção elevada.</p>	
<p>Moldes com núcleo rotativo: utilizado para componentes injetados que possuem regiões com roscas.</p> <p>Vantagem: facilidade de construção, comparado com outra alternativa.</p> <p>Desvantagem: manutenção elevada.</p>	

APÊNDICE B – RELAÇÃO DAS EMPRESAS FABRICANTES DE MOLDES CONSULTADAS

B.1. Introdução

Esse Apêndice consta da apresentação das 120 empresas pesquisadas na cidade de Joinville - SC.

B.2. Relação das empresas

Na Tabela B.1 apresenta-se a relação das empresas fabricantes de moldes cadastradas na Prefeitura Municipal de Joinville, com a descrição do nome, serviço principal, número de colaboradores e se realiza a atividade de projeto, usinagem e eletroerosão.

Tabela B.1 – Relação das empresas fabricantes de moldes da cidade de Joinville (Continua)

Nome	Atividade principal	Número de colaboradores	Projeto	Usinagem	Eletroerosão
Aço técnica de usinagem	usinagem em geral	4	não	sim	não
Afiaville confecção e afiação de ferramentas	usinagem em geral	2	não	sim	não
Agnes usinagem e ferramentas industriais	usinagem em geral	3	sim	sim	não
Alaudio Ott	usinagem em geral	11	não	sim	não
Astrotec assessoria técnica e representação	moldes de extrusão	15	sim	sim	não
Becatu ferramentaria	moldes de injeção de plásticos e alumínio	45	não	sim	sim
BK sul	ferramentas de estampo	4	sim	sim	não
Brasmec indústria mecânica ltda	usinagem em geral	10	não	sim	não
Brumapa ferramentaria ltda	moldes de injeção de plásticos	5	não	sim	sim
Btomec ferramentaria e usinagem	moldes de injeção de plásticos, alumínio	3	não	sim	sim
Calmec máquinas e equipamentos ltda	usinagem pesada	45	não	sim	não
Central de usinagem Joinville	moldes de estampo e usinagem em geral	11	não	sim	sim
CGTEC usinagem	moldes de injeção de plásticos e alumínio	2	não	sim	não

Tabela B.1 – Relação das empresas fabricantes de moldes da cidade de Joinville
(Continuação)

Nome	Serviços	Número de Colaboradores	Projeto	Usinagem	Eletroerosão
Chiodini e cia ltda	usinagem em geral	10	não	sim	não
Cia industrial H. Carlos Schneider	ferramentas para conformação e usinagem de parafusos	900	sim	sim	sim
Cnc tecnologia de usinagem ltda	moldes para sopro	3	não	sim	sim
Dako indústria de moldes e modelo	moldes de injeção de plásticos e alumínio	5	não	sim	não
Donner indústria e comercio ltda	usinagem de peças em série	12	não	sim	não
Durmetal indústria e comercio ltda	usinagem de peças em série	7	não	sim	não
Emalgi	moldes de plásticos, e de alumínio	4	não	sim	sim
Embramold ferramentaria ltda	usinagem em geral	8	não	sim	sim
Estampa ferramentaria ltda	ferramentas de estampo	23	sim	sim	sim
Fermaville de Romeu engelmann	moldes para borracha	4	não	não	sim
Fernando mazzolli	usinagem em geral	35	não	sim	não
Ferramenta pneumática	moldes para sopro	7	não	sim	sim
Ferramentaria Beckert	moldes em geral	2	sim	não	não
Ferramentaria Bendlin	moldes para sopro	7	não	sim	sim
Ferramentaria Betta ltda	molde para borracha	5	não	sim	sim
Ferramentaria Brasil	moldes de injeção de plásticos	7	não	sim	sim
Ferramentaria Clidemec	usinagem em geral	14	não	sim	não
Ferramentaria Elo	moldes de injeção de plásticos, sopro e extrusão	6	não	sim	não
Ferramentaria Fermold ltda	Moldes de injeção de plásticos e alumínio	20	não	sim	sim
Ferramentaria ISO	moldes para injeção e ferramentas de estampo	16	não	sim	não

Tabela B.1 – Relação das empresas fabricantes de moldes da cidade de Joinville
(Continuação)

Nome	Serviços	Número de Colaboradores	Projeto	Usinagem	Eletroerosão
Ferramentaria JN	moldes de injeção de alumínio	95	sim	sim	sim
Ferramentaria Lombardi	moldes de injeção de alumínio, plástico e sopro	5	não	sim	não
Ferramentaria MJA	usinagem pesada	14	não	sim	não
Ferramentaria Moira	moldes de injeção de alumínio, plástico e zamac	4	não	sim	sim
Ferramentaria Muller	moldes de injeção e ferramentas de estampo	2	não	sim	não
Ferramentaria Pickler	moldes para extrusão	10	sim	sim	não
FG usinagem ltda	usinagem de peças em série	45	não	sim	não
GFM ferramentaria	moldes de injeção de plásticos	20	sim	sim	sim
Gramaq	moldes de injeção de plásticos, alumínio e zamac	10	sim	sim	sim
Gravatoool em metal ltda	gravações	20	não	não	não
Helpro ferramentas e serviços	ferramentas de estampo	2	não	sim	não
Herten engenharia de moldes ltda	moldes de injeção	65	sim	sim	sim
Hidramave	cilindros hidráulicos e pneumáticos	7	não	sim	não
Hilário Koser	usinagem em geral	4	não	sim	não
JK usinagem ltda	usinagem em geral	2	não	sim	não
IBT indústria de moldes ltda	moldes para sopro, termoformagem e injeção	35	sim	sim	sim
Induzir indústria de moldes e matrizes	moldes de injeção de plásticos e alumínio	70	sim	sim	sim
Indústria mecânica Suenco	usinagem em geral	4	não	sim	não

Tabela B.1 – Relação das empresas fabricantes de moldes da cidade de Joinville
(Continuação)

Nome	Serviços	Número de Colaboradores	Projeto	Usinagem	Eletroerosão
Indústria mecânica Tool Machine	moldes de injeção de plásticos e alumínio	30	sim	sim	sim
Ingo roweder	usinagem em geral	3	não	sim	não
Ipomold ferramentaria	polimento	3	não	não	não
J. Junckes moldes e usinagem	moldes de injeção de plásticos e alumínio	26	sim	sim	sim
JCJ serviços	modelamento	4	sim	não	não
Jh projetos e usinagem	ferramentas de estampo	17	não	não	não
JJ ferramentaria ltda	moldes de injeção de plásticos	5	não	sim	não
JMS ferramentaria	moldes de injeção de plásticos	12	não	sim	sim
Jofer ferramentaria	dispositivos hidráulicos e de controle	10	não	sim	não
JRK ferramentaria	moldes de injeção de plásticos	3	sim	sim	não
Kawaco ferramentaria	ferramentas de estampo e usinagem em geral	35	não	sim	sim
Krisma ferramentaria	moldes de injeção de plásticos	40	sim	sim	sim
KS chapelins	ferramentas de estampo	80	sim	sim	sim
LS modelação e usinagem ltda	usinagem de porta moldes	9	não	sim	não
Luftmen	moldes de injeção de plásticos	8	não	sim	sim
Mafra ferramentaria	moldes de injeção de plásticos	15	não	sim	sim
Map usinagem	moldes de injeção de plásticos e alumínio	25	não	sim	sim
MCC ltda	moldes de injeção de plásticos	22	sim	sim	sim
Maxville indústria comercio	moldes de injeção de plásticos	4	não	sim	sim
Mecânica Garibaldi	moldes de injeção de plásticos	30	não	sim	sim

Tabela B.1 – Relação das empresas fabricantes de moldes da cidade de Joinville
(Continuação)

Nome	Serviços	Número de Colaboradores	Projeto	Usinagem	Eletroerosão
Mecânica sul	ferramentas de estampo	20	não	sim	não
Megamold industrial	moldes de injeção de plásticos, alumínio e estampos	3	não	sim	sim
Metalmoldes moldes e matrizes	moldes injeção de plásticos, extrusão e estampos	5	não	sim	sim
Mídiafer ferramentaria ltda	usinagem para manutenção.	28	sim	sim	sim
MJR usinagem e ferramentaria ltda	usinagem em geral	7	não	sim	não
Model ferramentaria ltda	moldes de injeção de plásticos e alumínio	44	não	sim	sim
Modelação e ferramentaria Walbert	modelo de injeção de plásticos e modelos para fundição	36	sim	sim	não
Modelação industrial Trorion	ferramentas para fundição	10	sim	sim	sim
Modelação Santo Antonio	modelo para auto peça	13	não	sim	não
Moditrol	ferramentas para fundição	11	não	sim	sim
Módulo modelos e protótipos NE	protótipos	8	não	sim	não
Moldtech tecnologia em moldes	moldes de injeção de plásticos	15	sim	sim	sim
Moliporex Brasil moldes e matrizes	moldes de injeção de plásticos	40	sim	sim	sim
Mr ind. E mec.	usinagem em geral	6	não	sim	não
Nova era modelação	ferramentas para fundição	15	sim	sim	sim
NW moldes ltda	moldes de injeção de plásticos	32	sim	sim	sim
Parkfer ferramentaria e usinagem	moldes de injeção de plásticos e alumínio	18	não	sim	sim
Perfimold moldes matrizes	moldes de injeção de plásticos e alumínio	38	sim	sim	sim
Pks protótipos	protótipos	4	não	sim	não
Planifer indústria mecânica	ferramentas de estampo.	20	não	sim	sim

Tabela B.1 – Relação das empresas fabricantes de moldes da cidade de Joinville
(Continuação)

Nome	Serviços	Número de Colaboradores	Projeto	Usinagem	Eletroerosão
Plasfer Ltda	projeto	2	sim	não	não
Plasteffens ferramentaria	moldes de injeção de plásticos	5	não	sim	sim
Plastibras indústria de plásticos	moldes de injeção de plásticos	35	não	sim	sim
Plasticoville ind. com. produtos plásticos	injeção de componentes	90	não	não	não
Plastimix plásticos	moldes de injeção de plásticos	20	sim	sim	sim
Primos ferramentaria e manutenção	moldes de injeção de plásticos	17	não	sim	sim
Promafer manutenção de ferramentas	ferramentas de estampo e usinagem em geral	6	sim	sim	não
Renova ferramentas e usinagem de precisão	moldes de injeção de plásticos	30	não	sim	sim
Ribeiro ferramentaria	moldes de injeção de plásticos	40	sim	sim	sim
Rossil maquinas e equipamentos industriais	usinagem em geral	50	não	sim	não
Sermaq ferramentaria Ltda	moldes de injeção de plásticos	32	sim	sim	sim
Sertep serviço terceirizado industrial	Moldes de injeção de plásticos, alumínio e estampos	12	não	sim	sim
Setmaq usinagem e ferramentaria Ltda	moldes de injeção de plásticos	50	sim	sim	sim
SG usinagem e solda	moldes de injeção de plásticos	5	não	sim	sim
Simetria tecnologia e usinagem	moldes de injeção de plásticos	4	não	sim	não
Socem do Brasil Ltda	moldes de injeção de plásticos	20	sim	sim	sim
Sociesc ferramentaria	moldes de injeção de plásticos, alumínio e usinagem em geral	38	sim	sim	sim
Soduchi ferramentaria e usinagem Ltda	moldes de plásticos e alumínio	9	não	sim	sim

Tabela B.1 – Relação das empresas fabricantes de moldes da cidade de Joinville
(Continuação)

Nome	Serviços	Número de Colaboradores	Projeto	Usinagem	Eletroerosão
STJ ferramentaria	usinagem em geral	2	não	sim	não
Shuma moldes e matrizes	moldes de plásticos e alumínio	18	sim	sim	sim
Taike ferramentaria ltda	moldes injeção de plásticos e alumínio	20	não	sim	sim
Techno Jung	moldes injeção de plásticos e alumínio	15	sim	sim	sim
Tecnomotriz ferramentaria ltda	moldes de injeção de plásticos	16	não	sim	sim
Truff ferramentaria	moldes para sopro	7	sim	sim	sim
Usicam tecnologia	programação de usinagem industrial	7	sim	não	não
Vama industrial ltda	moldes de injeção de plásticos	70	sim	sim	sim
Vimarq moldes e matrizes	moldes de injeção de plásticos e alumínio	25	sim	sim	sim
Vip ferramentaria ltda	moldes de injeção de plásticos, alumínio e modelo para fundição	4	não	sim	não
Winter industrial	moldes de injeção de plásticos, alumínio e estampo	35	sim	sim	sim

Na Tabela B.2 apresenta-se somente as empresas fabricantes de moldes de injeção que realizam todo o ciclo de desenvolvimento do molde de injeção internamente.

Tabela B.2 – Relação das empresas fabricantes de moldes de injeção da cidade de Joinville que realizam todo o ciclo de desenvolvimento de moldes de injeção de plásticos

Nome	Projeto	Usinagem	Eletroerosão
Ferramentaria JN	sim	sim	sim
Gfm	sim	sim	sim
Gramaq	sim	sim	sim
Herten engenharia de moldes ltda	sim	sim	sim
Ibt industria de moldes ltda	sim	sim	sim
Induzir indústria de moldes e matrizes	sim	sim	sim
Industria mecânica tool machine	sim	sim	sim
J. Junckes moldes e usinagem	sim	sim	sim
Krisma ferramentaria	sim	sim	sim
MCC ltda	sim	sim	sim
Moldtech tecnologia em moldes	sim	sim	sim
Moliporex Brasil moldes e matrizes	sim	sim	sim
NW moldes ltda	sim	sim	sim
Perfimold moldes matrizes	sim	sim	sim
Plastimix plásticos	sim	sim	sim
Ribeiro ferramentaria	sim	sim	sim
Sermaq ferramentaria ltda	sim	sim	sim
Setmaq usinagem e ferramentaria ltda	sim	sim	sim
Socem do Brasil ltda	sim	sim	sim
Sociesc	sim	sim	sim
Shuma moldes e matrizes	sim	sim	sim
Techno Jung	sim	sim	sim
Vama industrial ltda	sim	sim	sim
Vimarq moldes e matrizes	sim	sim	sim
Winter industrial	sim	sim	sim

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO ESTRUTURADO PARA A PESQUISA EXPLORATÓRIA

C.1. Introdução

Esse Apêndice tem por finalidade apresentar as perguntas da pesquisa exploratória realizada com os fabricantes de moldes no pólo de Joinville.

Para a elaboração da pesquisa foi realizada uma adaptação do questionário elaborado no trabalho de Tonolli (2003), o qual realizou a pesquisa no pólo de Caxias do Sul (RS).

O questionário estruturado foi dividido nos seguintes temas: (i) dados gerais da empresa; (ii) infra-estrutura; (iii) gerenciamento do projeto; (iv) processo de projeto do molde; e (v) recursos humanos.

C.2. Questionário

O questionário utilizado na pesquisa será apresentado na seqüência.

CARACTERIZAÇÃO DO CICLO DE DESENVOLVIMENTO DE MOLDE EM JOINVILLE

1. Objetivo da pesquisa

Esta pesquisa tem por objetivo realizar uma pesquisa exploratória para a caracterização do ciclo de desenvolvimento de moldes nas empresas fabricantes no pólo de Joinville – SC. As perguntas realizadas nesta pesquisa foram adaptadas do questionário elaborado em Tonolli (2003), que realizou uma pesquisa em empresas da região de Caxias do Sul – RS.

2. Dados gerais da empresa

2.1. Nome e endereço:

2.2 Qual a função do entrevistado e a sua relação com o processo de desenvolvimento de moldes?

2.3 Qual o número de colaboradores?

() ≤ 10 () 11 a 20 () 21 a 30 () 31 a 40 () 41 a 50 () 51 a 60 () ≥ 60

2.4 Qual principal ramo de atuação?

- automobilístico brinquedos utensílios domésticos
 informática/telefonia agro-industrial outros

2.5 Qual é o mercado a qual se destina os moldes?

- externo interno

2.6 Qual foi o faturamento da empresa em 2002? (milhões de reais)

- 1 a 3 3 a 6 6 a 9 acima de 9
 menor que 1

2.7 Qual é a meta de faturamento aproximado da empresa para 2003? (milhões de reais)

- 1 a 3 3 a 6 6 a 9 acima de 9
 menor que 1

2.8 Qual o número de moldes fabricados por ano?

- ≤ 20 21 a 30 31 a 40 41 a 50
 51 a 60 61 a 80 80 a 100 acima de 100

2.9 Qual o número aproximado estratificado de cada molde fabricado por ano?

- Moldes para injeção de termoplásticos Gabaritos e dispositivos
 Moldes para injeção de metais não ferrosos Serviços de usinagem
 Moldes para borracha Matrizes de forjamento ou estampo
 Outros

3. Infra-estrutura

3.1 A empresa possui certificação ISO 9000? sim não

3.2 É utilizada alguma ferramenta para auxiliar no desenvolvimento dos projetos? Qual?

- sim não FMEA QFD PDCA Outras

3.3 É utilizado algum *software* de CAD? Qual?

- sim não AutoCad Pro-engineer Unigraphics
 SolidWorks Power Shape Outros

3.4 É utilizado algum *software* de CAM? Qual?

- sim não Cimatron Unicam Unigraphics
 Power Mill SurfCAM Outros

3.5 É utilizado algum *software* de CAE? Qual?

- sim não Moldflow C-Mold Moldex-3D
 Ansys Cosmos Outros

3.6 É utilizado algum *software* para gerenciar a empresa? Qual?

- sim não Star Office Office Outros

3.7 É utilizado algum *software* para gerenciar o projeto? Qual?

- sim não MS-Project Isoproject Outros

3.8 É utilizada alguma máquina CNC? Qual?

- sim não Feller Maho Dyna Outras

3.9 Quando na compra de um *software* é avaliado algum requisito? Qual?

- sim não Produtividade Exigência do cliente PDM²⁴
 Escalabilidade Confiabilidade Compatibilidade Outros

3.10 É utilizado algum tipo de gráfico para acompanhamento do projeto? Qual?

- sim não Gantt Planilha em papel Outros

3.11 É realizado o gerenciamento do projeto? Como?

- sim não

3.12 Como você considera que a transferência de informação entre o cliente e a empresa fabricante de moldes é adequada? Qual é o maior problema?

- sim não Confusa Falta informação Componente em desenvolvimento

3.13 É necessário investir para melhorar o nível e o desempenho do projeto? Em que?

- sim não CAD CAM CAE Pessoal
 Sistemas de gestão Outros

3.14 É dada ênfase para alguma prioridade no desenvolvimento? Em que?

- sim não Qualidade Prazo Custo Outros

²⁴ PDM (*Product Data Mangement*): *software* que possibilita gerenciar todas as informações e processos relativos ao ciclo de vida de um produto.

3.15 Informações de projetos anteriores são utilizadas em novos projetos? Quais?

sim não

4. Gerenciamento do projeto

4.1 Qual o número de colaboradores trabalhando com *softwares* de CAD?

4.2 Qual o número de colaboradores trabalhando com *softwares* de CAM?

4.3 Qual o número de colaboradores trabalhando na área de Planejamento e Controle da Produção?

4.4 O que é avaliado para definir a viabilidade de execução do projeto?

Custo do projeto Geometria do componente Capacidade da equipe
 Cliente Complexidade do projeto Outros

4.5 Qual é o tempo médio para a realização do orçamento?

4.6 O que é utilizado para a elaboração do orçamento?

Experiência Recursos Computacionais Outros

4.7 É levado em consideração para o prazo de entrega, os recursos fabris já comprometidos com outros molde? Como?

4.8 Qual é o tempo médio para a elaboração apenas do projeto do molde?

4.9 O desenho do projeto do molde é realizado em *software* 3D ou em 2D?

4.10 Qual é o tempo médio para o desenvolvimento do molde?

4.11 Quem é o responsável pelo acompanhamento do projeto?

4.12 De que forma o projeto é acelerado caso seja necessário?

4.13 Qual é a atividade que mais influencia no início do desenvolvimento do molde?

5. Processo de projeto do molde

5.1 No processo de projeto, os itens abaixo são estimados ou calculados? E quem é o responsável pela estimativa/cálculo?

- a) Refrigeração;
- b) Posição e quantidade de extratores;
- c) Força de extração;
- d) Balanceamento das cavidades;
- e) Balanceamento dos canais de alimentação;
- f) Número de cavidades;
- g) Vida útil do moldes;
- h) Máquina que receberá o molde;
- i) Tipo e dimensão dos canais de alimentação;
- j) Tipo e dimensão dos canais de distribuição;
- l) Definição do canal de entrada;

5.2 É utilizada alguma metodologia de desenvolvimento de moldes?

5.3 A metodologia atende os processos do dia-a-dia? Pode ser melhorada?

5.4 Quais os benefícios que uma metodologia de projeto pode trazer?

5.5 Os procedimentos adotados são documentados?

5.6 É conhecido algum modelo de gerenciamento de projeto?

5.7 O que é acompanhado do benchmarking?

6. Recursos humanos

6.1 Qual é a limitação da mão-de-obra existente?

- Conhecimento Experiência Competência Outros

6.2 De que forma é realizada a capacitação dos colaboradores?

- Cursos superiores Cursos técnicos Visitas técnicas Outros

6.3 Como é realizada a descrição dos participantes do projeto?

- Formal Informal

6.4 Qual e o critério para definir quem executará um projeto?

- Conhecimento Tipo do componente Disponibilidade Outros

APÊNDICE D – RESULTADOS DA PESQUISA EXPLORATÓRIA

D.1. Introdução

É apresentada nesse Apêndice a pesquisa exploratória realizada em fabricantes de moldes no pólo de Joinville – SC no ano de 2003.

D.2. Dados gerais das empresas

As empresas que participaram da pesquisa foram: J. Junkes, GFM, Herten, Induzir, Krisma, Moliporex Brasil, Perfilmold, Schuma, Socem do Brasil, Techno Jung, Vama, Virmaq e Winter.

Em relação ao número de colaboradores a pesquisa mostrou que quatro empresas têm em seu quadro funcional de 11 a 20 colaboradores; duas possuem entre 21 a 30; quatro empresas entre 31 a 40 colaboradores e outras três acima de 60 colaboradores; como pode ser observado na Figura D.1.

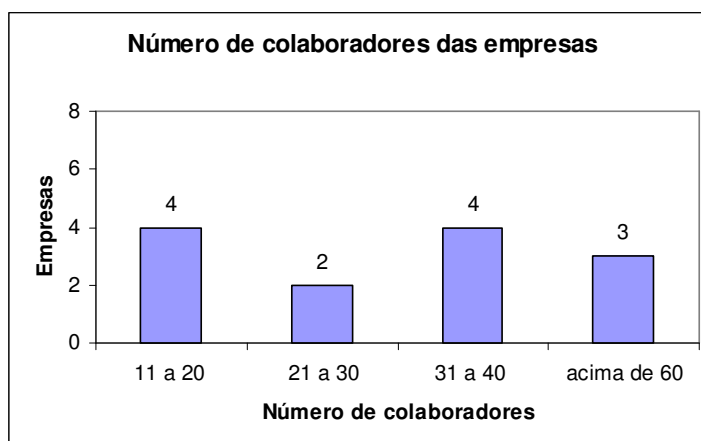


Figura D.1 – Número de colaboradores das empresas visitadas

Os principais ramos de atuação das empresas pesquisadas são: a indústria automobilística, de utensílios domésticos e de construção civil.

Constatou-se ainda que os principais clientes das empresas estão localizados no Brasil e que há pouca exportação.

Em relação ao faturamento anual, duas empresas obtiveram até 1 milhão de reais no ano de 2002, cinco empresas alcançaram entre 1 e 3 milhões, três empresas conseguiram de 3 a 6 milhões, outras três arrecadaram entre 6 e 9 milhões de reais (Figura D.2).

Para o ano de 2003 a previsão em relação ao faturamento é superior em relação a 2002, pois cerca de seis empresas prevêm um faturamento de 3 a 6 milhões de reais. Isso mostra em parte o potencial de crescimento do setor, já que três acreditam que o faturamento venha a

ser entre 1 e 3 milhões de reais (Figura D.3).

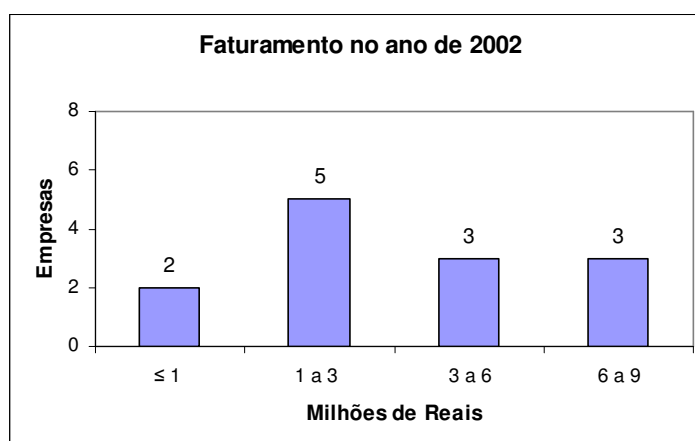


Figura D.2 – Faturamento anual em 2002 das empresas

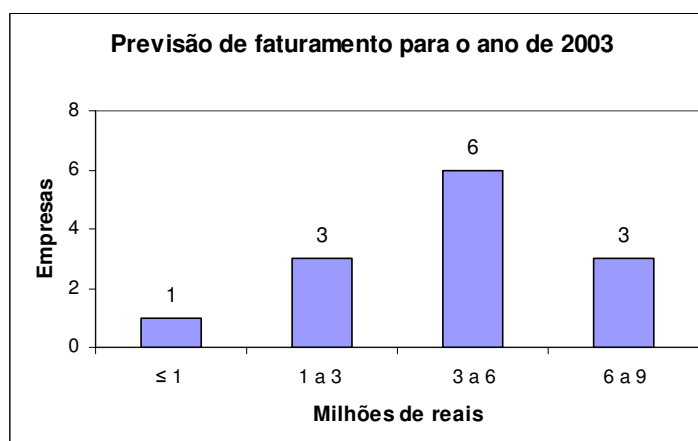


Figura D.3 – Previsão de faturamento em 2003 das empresas

O número de moldes fabricados por ano é um parâmetro muito relativo para a qualificação de uma empresa fabricante de moldes, pois depende muito da complexidade ou tamanho do molde. Mediante esse levantamento, foi observado que cinco empresas visitadas produzem entre 21 e 40 moldes por ano e outras quatro entre 61 e 80 moldes, conforme o Figura D.4. Levando-se em consideração o faturamento das empresas (entre 3 e 6 milhões de reais), foi constatado o alto valor agregado de um molde de injeção.

Sob essas características, verificou-se a necessidade de as empresas disporem de mão-de-obra cada vez mais qualificada, pois o setor, além de tender a um crescimento, também pode ganhar o mercado de moldes, que exige projeto complexo e tolerâncias de grande precisão.

O desenvolvimento de moldes de injeção de termoplástico é o principal produto que realizam. Algumas desenvolvem também gabaritos e dispositivos, moldes para borracha e para metais, bem como realizam serviços de usinagem.

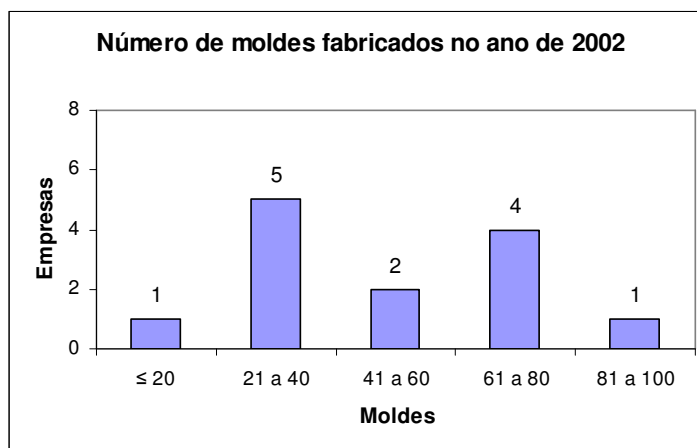


Figura D.4 – Número de moldes fabricados no ano de 2002 nas empresas

D.3. Infra-estrutura das empresas

Em relação à infra-estrutura das empresas, procuraram-se informações sobre as rotinas de trabalho, quais os aplicativos computacionais utilizados, bem como os tipos de máquinas empregadas. Também foram abordados itens em relação a normas de qualidade e de gerenciamento, a fim de analisar suas potencialidades.

Em relação à norma *International Standardization Organization* – ISO 9000, apenas quatro das empresas visitadas informaram possuir a norma implantada, o que pode ser um problema, pois existem empresas contratantes que exigem essa certificação. Pôde-se observar que as empresas que têm a certificação ISO possuem uma melhor organização da informação, pois a maioria das informações referentes à execução ou projeto do molde é documentada e facilita a recuperação e a análise de possíveis falhas no processo.

Na questão de ferramentas da qualidade, verificou-se, de acordo com o Figura D.5, que quatro empresas utilizam o FMEA (Análise de Modo de Falha e Efeito), uma usa o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Action*) e uma emprega outra ferramenta da qualidade para auxílio no desenvolvimento dos projetos. Em sete das empresas não há utilização de ferramentas da qualidade. Isso pode influenciar diretamente na maneira com que o projeto é realizado, já que um projeto conduzido com ferramentas da qualidade apresenta um menor desperdício de tempo, define responsáveis por cada processo envolvido, padroniza atividades e provoca menos falha.

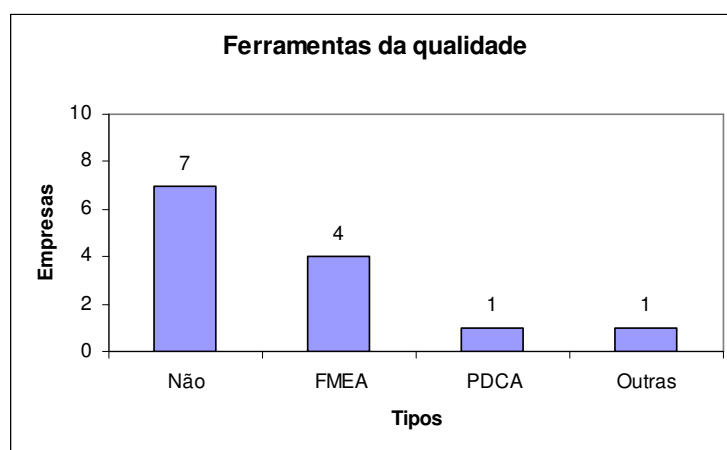


Figura D.5 – Ferramentas da qualidade utilizadas nas empresas

Entre os *softwares* utilizados, constatou-se que, para a modelagem de componentes, o AutoCad é usado, no pólo de Joinville, por seis empresas, o Cimatron é citado por três empresas no item outros do formulário. Os *softwares* de CAD paramétricos, como o Pro-engineer e o Unigraphics, são empregados em apenas duas das empresas, conforme mostra a Figura D.6.

De acordo com Souza (2004), os *softwares* paramétricos por disporem de modelos volumétricos na construção dos desenhos, são mais indicados, para o projeto de moldes, pois podem reduzir o tempo de desenvolvimento dos projetos.

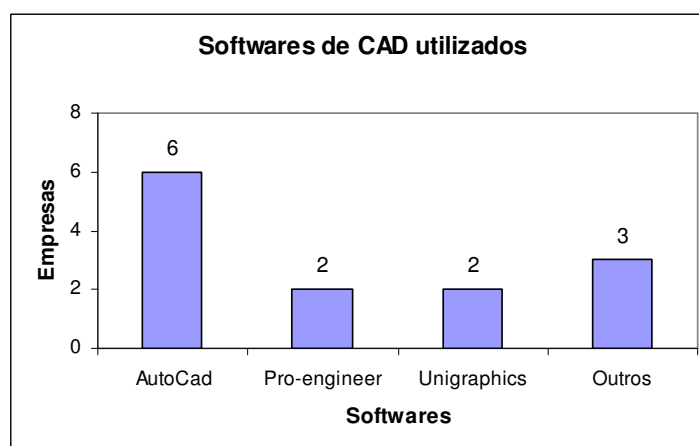


Figura D.6 – *Softwares* de CAD utilizados nas empresas

Em relação ao uso de *softwares* de CAM, o Cimatron é o mais difundido no pólo de Joinville (em dez empresas), seguido pelo PowerMill e pelo Unigraphics, conforme distribuição demonstrada na Figura D.7. No item outros do formulário o *software* citado foi o Pro-engineer.

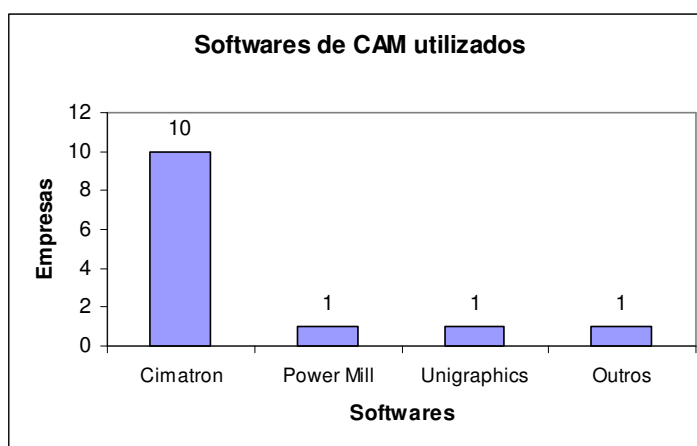


Figura D.7 – *Softwares* de CAM utilizados nas empresas

Já em relação aos *softwares* de CAE, foi constatado que nenhuma empresa possui *softwares* de simulação e análise de injeção instalados em suas unidades, por considerarem de elevado custo e baixa frequência de necessidade de utilização. Tal opinião é decorrente da não aceitação do custo da análise por parte do cliente, resultado esse semelhante ao relatado por Maxiقيم (2000).

Quando o cliente solicita a análise de CAE é porque o componente injetado possui um alto grau de complexidade, exigindo análise mais detalhada. Nesse trabalho terceirizado é utilizado, na maioria das vezes, o aplicativo Moldflow, segundo os entrevistados. Este é um aspecto a ser melhorado no ciclo de desenvolvimento do molde pelas empresas consultadas.

A análise por meio de um *software* de CAE é útil na determinação de futuros problemas e na otimização do projeto do molde e dos parâmetros do processo de fabricação do componente, de acordo com diversos pesquisadores (IMIHEZRI *et al*, 2005; OZDEMIR, ULUER E GULDAS, 2004; BEAUMONT, NAGEL e SHERMAN, 2002; SACCHELLI e REINERT, 2002; SACCHELLI e HESSE, 2000).

Para auxiliar no gerenciamento de projetos de moldes são utilizados, além de aplicativos do Microsoft Office, sistemas próprios desenvolvidos para cada empresa de acordo com seus fluxos de informações.

No gerenciamento de projetos verificou-se, conforme Figura D.8, que quatro empresas empregam o MS-Project, em três é usado o Isoproject e uma empresa utiliza um aplicativo desenvolvido especificamente para ela. Ressalta-se que em cinco das empresas pesquisadas não são utilizados tais recursos para o gerenciamento de seus projetos, o que mostra uma lacuna nessas empresas, pois os sistemas auxiliam na organização das tarefas e na melhor distribuição do tempo, a fim de otimizar e reduzir o tempo de desenvolvimento do projeto.

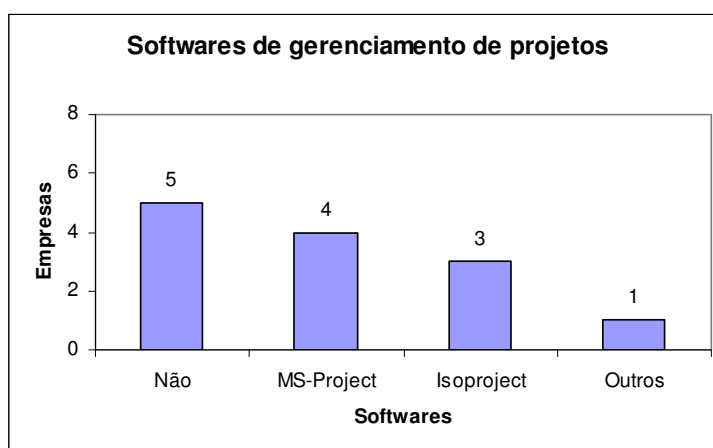


Figura D.8 – *Softwares* de gerenciamento de projetos utilizados nas empresas

No parque fabril de Joinville pôde-se verificar a existência de diversas marcas de máquinas CNC, entre elas: Feller, Maho, Dyna e CME. Contudo, em sua maioria, são máquinas de pequeno e médio porte, consideradas tecnologicamente na média internacional (RESENDE, 2002b). Isso dificulta em parte a fabricação de moldes maiores, aumentando o prazo de entrega desse tipo de molde e justificando, em parte, o fato de o Brasil importar muitos moldes de grande porte.

Na compra de um *software* existem certos itens que uma empresa pode avaliar para atender as suas necessidades. Na Figura D.9 observam-se alguns desses itens e verificou-se que o mais importante para as empresas quando da compra de um *software* é a sua confiabilidade (para cinco empresas), produtividade (para três empresas) e PDM, exigência do cliente (para uma empresa).

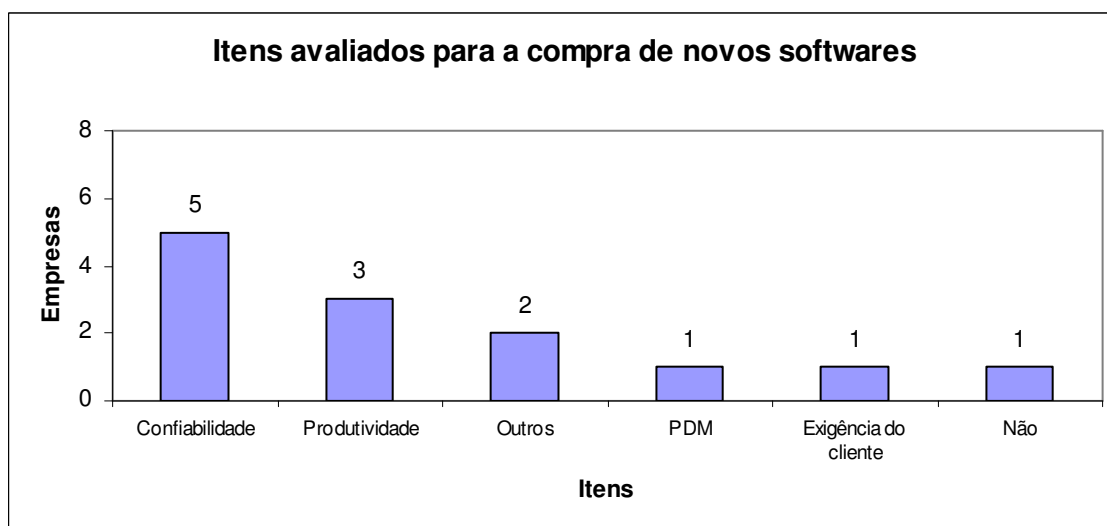


Figura D.9 – Itens avaliados para a compra de novos *softwares* nas empresas

A execução do projeto, na grande maioria das empresas, é acompanhada por meio de planilhas e de gráficos de Gantt (Figura D.10). Na pesquisa constatou-se que duas empresas não utilizam ferramentas para acompanhamento de projeto.

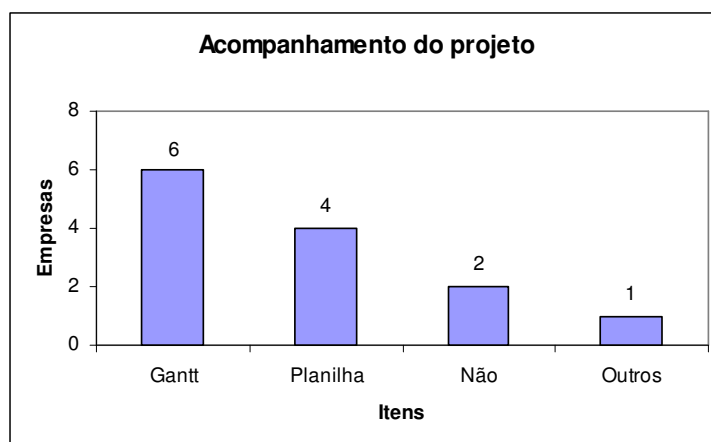


Figura D.10 – Acompanhamento do projeto realizado nas empresas

O acompanhamento do processo de desenvolvimento do molde é realizado por dez empresas *in loco*, ou seja, da verificação da localização na produção dos componentes e com consultas a recursos virtuais, tais como aplicativos de apontamento desenvolvidos especificamente.

Questionadas sobre onde deveria se investir para uma melhora de desempenho do projeto, cinco empresas apontaram como prioridade os *softwares* CAD e *softwares* que auxiliem o seu sistema de gestão, duas acreditam que seria os *softwares* CAM e uma aponta para a capacitação de colaboradores (Figura D.11). O segundo item apontado como importante em cinco empresas foi a capacitação dos colaboradores.

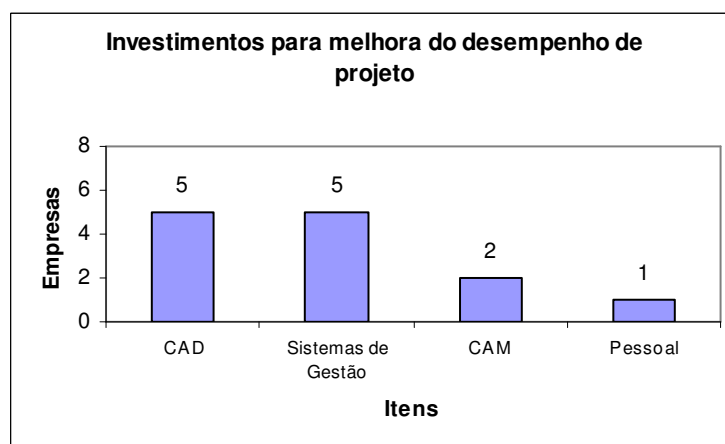


Figura D.11 – Investimentos para melhora do desempenho do projeto

Com relação à execução de um projeto, seis empresas informaram que tem como meta principal qualidade, prazo e custo de forma conjunta, cinco delas informaram possuir somente a qualidade como meta, uma busca o prazo e outra o custo.

Para auxiliar a empresa em novos projetos ou tomada de decisões, os antigos projetos são utilizados a fim de analisar dados de desenho, seu histórico de produção e principalmente as horas de usinagem.

Observou-se que as empresas pesquisadas possuem ferramentas computacionais (CAD/CAM e gerenciais), mas é possível aumentar sua potencialidade no processo de desenvolvimento de moldes por meio de uma melhor sistemática de utilização dessas ferramentas na forma, como, por exemplo, melhor organização e armazenamento de informações e de lições aprendidas de projetos anteriores para futuras consultas.

D.4. Gerenciamento do projeto

Nesse tópico, procurou-se buscar informações sobre como o projeto é conduzido em seu desenvolvimento, quais os setores que participam e o que é levado em consideração para realizar um orçamento, assim como para aceitar um pedido.

Constatou-se que, mesmo dentro de uma pequena empresa, há uma divisão de tarefas em relação ao desenvolvimento do molde, pois se tem clara a divisão entre as pessoas que realizam os processos em CAD, em CAM e os que realizam compras e programam a produção, assim a comunicação entre os envolvidos deve ser eficiente.

Das empresas visitadas quatro desenvolvem atividades em CAD com dois colaboradores; três delas tem quatro colaboradores (Figura D.12).

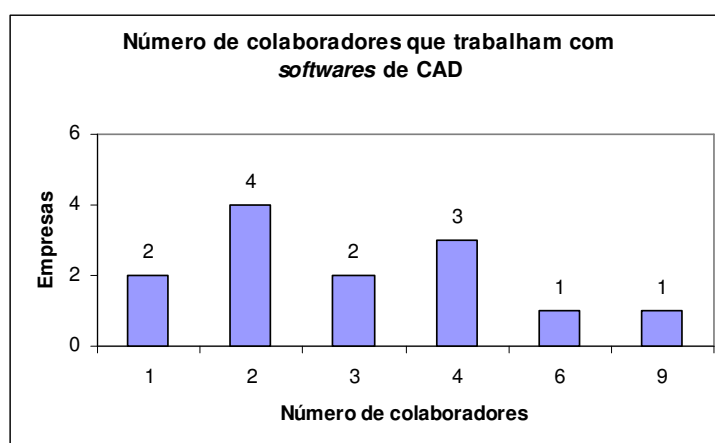


Figura D.12 – Colaboradores que trabalham com *softwares* de CAD

Trabalhando com *softwares* de CAM, nove das empresas visitadas têm de um a dois colaboradores, e em duas trabalham cinco pessoas (ver Figura D.13).

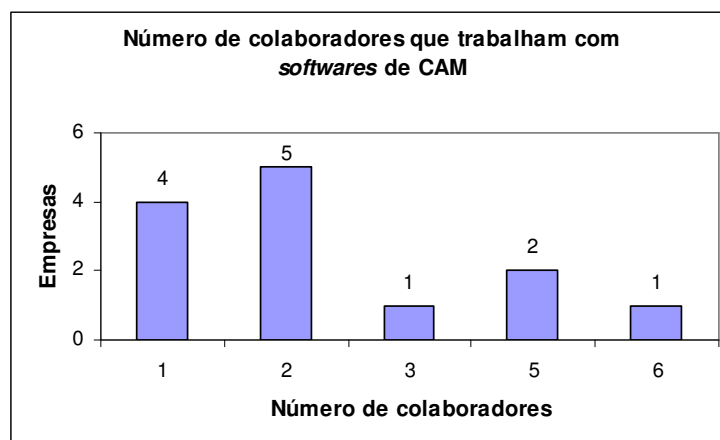


Figura D.13 – Colaboradores que trabalham com *softwares* de CAM

As atividades de planejamento e controle da produção são realizadas por uma pessoa em cinco das empresas, e por duas em quatro empresas (Figura D.14).

No início do projeto, cinco empresas avaliam a geometria do componente injetado, quatro se importam mais com a complexidade do projeto do molde que será desenvolvido, duas com a capacidade da equipe em executar o projeto e uma empresa avalia o custo do projeto e o cliente (Figura D.15).

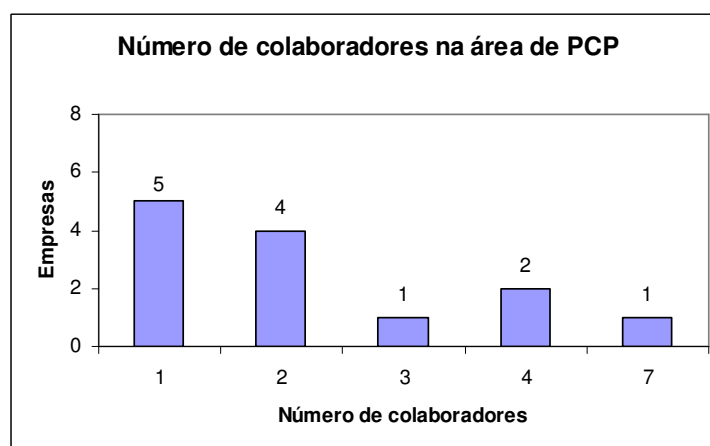


Figura D.14 – Colaboradores na área de PCP

Observa-se a importância na avaliação inicial de um projeto, em termos de complexidade, pois, como os orçamentos são baseados em experiências, quanto maior e mais complexo for o molde a ser desenvolvido, maior serão os riscos em relação ao orçamento.

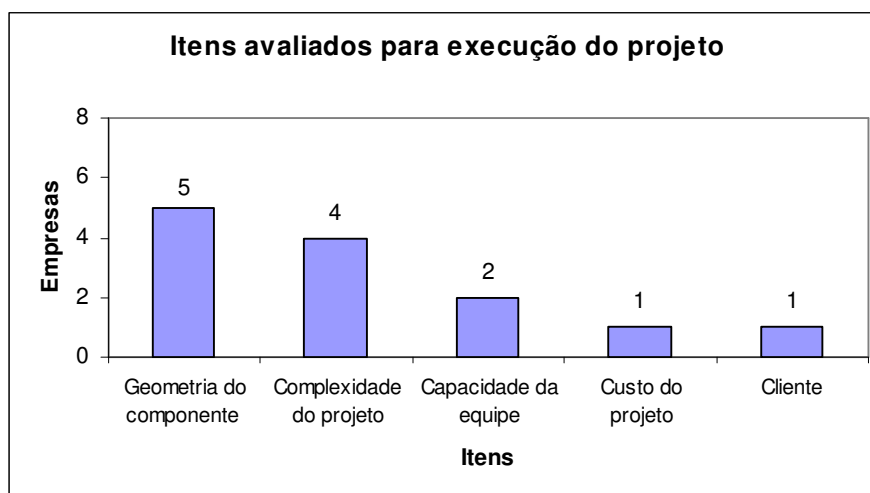


Figura D.15 – Itens avaliados para a execução do projeto nas empresas

Constatou-se, de acordo com o Figura D.16, que quatro das empresas visitadas levam dois dias para apresentar um orçamento e seis delas demoram cinco dias.

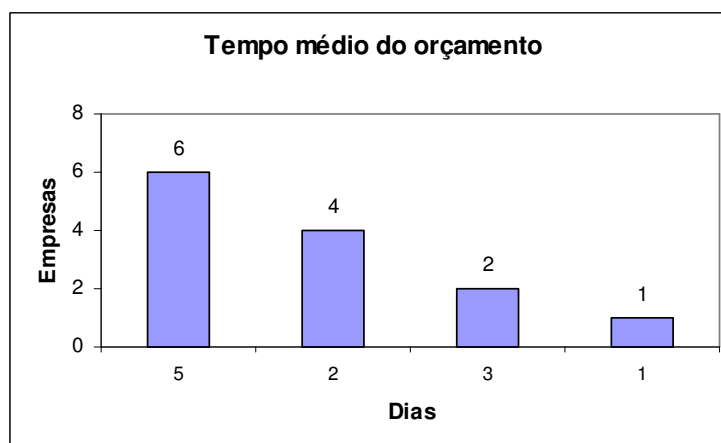


Figura D.16 – Tempo médio de envio do orçamento de um molde nas empresas

A experiência por parte da equipe foi o principal fator na elaboração do orçamento. A utilização de recursos computacionais unicamente para a elaboração de um orçamento não é realizada. Contudo a utilização de ambos, experiência e recursos computacionais, são realizados por cerca de seis das empresas visitadas.

Para o estabelecimento do prazo de entrega do molde, quando no orçamento, todas as empresas visitadas levam em consideração os recursos fabris já comprometidos, e 12 delas utilizam a verificação no sistema das ordens já emitidas para assim poder determinar o prazo de entrega do molde a ser orçado.

Após aprovado o orçamento, o tempo médio para a elaboração do projeto do molde é de 30 dias em dez das empresas, e em três delas o tempo de projeto é de 60 dias.

A maioria das empresas visitadas está optando pelo uso simultâneo de aplicativos 2D (duas empresas), cinco delas usam aplicativos 3D, seis empresas empregam ambos para o desenvolvimento de projetos. Isso se dá em virtude do avanço das ferramentas em 3D e da complexidade dos componentes exigidos pelos clientes.

O tempo de desenvolvimento do molde, considerando todo o ciclo, varia de acordo com a sua complexidade. Conforme a Figura D.17, para sete empresas visitadas esse tempo é de 90 dias, para quatro delas o prazo é 120 dias.

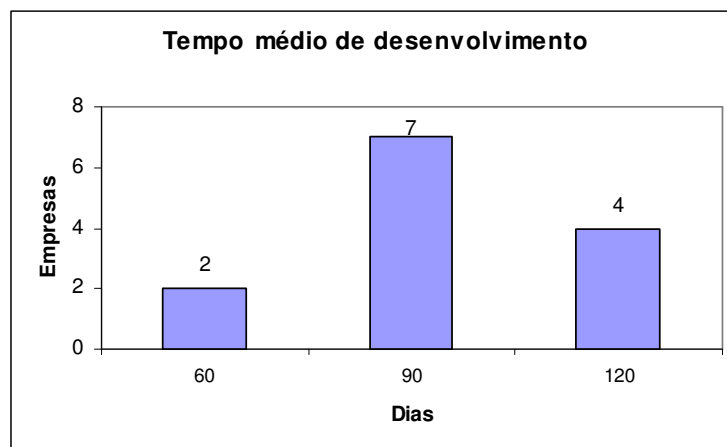


Figura D.17 – Tempo médio de desenvolvimento (da contratação ao fornecimento do molde)

Em relação ao gerenciamento da produção, quando esta não está em conformidade com o cronograma inicial, o responsável pelo acompanhamento do projeto, geralmente o proprietário (em cinco empresas) ou o gerente (em quatro) e um supervisor (em três), utiliza o recurso de horas extras e de terceirização de partes do projeto a fim de manter o prazo de entrega.

De acordo com a pesquisa, a modelagem do componente injetado é a atividade que mais influencia no início do desenvolvimento do projeto de um molde.

Foi observada por meio da pesquisa que há uma segmentação de atividades no processo de desenvolvimento do molde, assim a utilização da engenharia simultânea entre os membros do projeto, pode ser uma prática importante para a minimização de erros.

Também, percebeu-se que muitas atividades vitais do desenvolvimento do molde cabem a poucas pessoas, também verificou-se que alguns serviços específicos são realizados por empresas terceirizadas, exigindo assim que o plano de fabricação e os prazos sejam cuidadosamente controlados. Assim, o gerenciamento de projetos poderia ser aplicado, a fim de se melhorar e controlar todo processo de desenvolvimento.

D.5. Processo de projeto do molde

Em relação ao processo de projeto, constatou-se um grande campo para pesquisas, pois a maioria dos sistemas que compõem o molde é projetado por estimativas, podendo assim gerar retrabalhos ou menor eficiência no ciclo de injeção.

O projeto de um molde em relação ao sistema de refrigeração, por exemplo, é estimado em nove das empresas e calculado pelo projetista em quatro delas. Já a força de extração é calculada em sete empresas e estimada em seis.

A constatação que a maioria do projeto do molde é realizado por estimativas comprova que houve pouco avanço nos estudos e na utilização dos poucos conhecimentos obtidos nesse setor, pois o projeto de moldes por meio de equações empíricas e baseadas fortemente na experiência já foi relatado por Ahrens (1994); Vallejos, Gomes, e Weingaertner (1998); Costa (2000) e Daré (2001).

O balanceamento, as dimensões dos canais de alimentação e o número de cavidades são por sua vez calculados por sete das empresas pesquisadas.

A vida útil do molde é um dado que o cliente especifica, quando no pedido do orçamento, pois o material que será utilizado no molde pode variar. A máquina que receberá o molde também é especificada na maioria dos casos pela empresa que vai transformar o material polimérico no componente injetado.

Todas as empresas utilizam metodologias de desenvolvimento de projeto próprias, realizadas para a sua necessidade, contudo atestam que é possível aprimorá-las.

Do total das empresas visitadas, quatro consideram que uma metodologia bem sistematizada facilitaria a otimização dos recursos e redução dos erros, duas acreditam que haveria uma redução do tempo de projeto e outras duas afirmaram que seria bom para o armazenamento e recuperação de informações além da redução de erros.

Pôde-se constatar que a maioria das empresas, mesmo não possuindo a norma ISO, é organizada em relação aos procedimentos de processo internos utilizados, pois dez delas documentam esses procedimentos.

Em seis das empresas entrevistadas há conhecimento de modelos de projetos e por fim quando a empresa realiza um “*benchmarking*”, a qualidade é o principal item avaliado.

D.6. Recursos humanos

Realizando uma análise de conhecimentos necessários para o desenvolvimento de moldes, foi observado em várias empresas visitadas limitações em relação ao conhecimento de materiais, processos de fabricação, metodologia de projeto, recursos computacionais, entre outros. Como esses conhecimentos são necessários, tendo em vista a natureza interdisciplinar

no desenvolvimento de um molde de injeção e o avanço tecnológico, a formação de profissionais para esse setor torna-se complexa.

Reconhecendo tal fato, as empresas visitadas procuram capacitar seus profissionais por meio de cursos existentes em instituições de ensino da região.

O nível de conhecimento é o principal fator de decisão quando da escolha de profissionais para o desenvolvimento de moldes. Na maioria das empresas visitadas (oito), o desenvolvimento de moldes mais complexos é destinado aos profissionais com mais experiência, em três dos casos os projetos são destinados para quem estiver disponível, em uma a escolha é realizada de acordo com o tipo do componente injetado, ou seja, em um mesmo setor há especialistas em relação à finalidade do componente (*e.g.* construção civil, retrovisores de carro, bandejas de linha branca). Uma empresa visitada indicou como principal fator o item outros do questionário.

Mesmo que Joinville seja um pólo de empresas fabricantes de moldes, existe uma lacuna quanto à mão-de-obra, principalmente em relação ao conhecimento, pois de acordo com os entrevistados a mão-de-obra existente no mercado não possui capacitação necessária (sete empresas) em virtude do rápido desenvolvimento do setor. Experiência e conhecimento também foram citados em vários casos relatados.

Em decorrência dessa falta de capacitação entre os recursos humanos existentes, pôde-se verificar que, para oito empresas, a melhor forma de atualização seria por meio de cursos técnicos que iriam qualificar melhor a mão-de-obra já existente.

**APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO ESTRUTURADO UTILIZADO PARA A
PESQUISA DE CAMPO NOS FABRICANTES DE MARINHA GRANDE
(PORTUGAL) E NO PÓLO DE JOINVILLE – SC**

E.1. Introdução

Esse Apêndice tem por finalidade apresentar o questionário utilizado na pesquisa de campo realizada nos fabricantes de moldes de Marinha Grande (Portugal) e no pólo de Joinville (SC).

E.2. Questionário

**CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE MOLDES ATRAVÉS
DE UMA ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA²⁵**

Carlos M. Sacchelli, M. Eng.
Pesquisador – NeDIP-UFSC
carlos.sacchelli@gmail.com

André Ogliari, Dr.Eng.
Orientador – UFSC
ogliari@emc.ufsc.br

Carlos H. Ahrens, Dr. Eng.
Coorientador – UFSC
ahrens@emc.ufsc.br

1. Objetivo da Pesquisa

Esta pesquisa visa caracterizar o processo de desenvolvimento de moldes de injeção, no que tange a caracterização geral da empresa fabricante, de seus colaboradores e de uma maneira geral seu ambiente. Será de grande importância a caracterização também das etapas de Planejamento, Projeto e Fabricação do Molde, a fim de levantar as necessidades e possibilitar a concepção de um modelo de Desenvolvimento adequado à realidade das empresas, capaz de orientar a equipe de projeto durante o desenvolvimento de produtos nestes aspectos.

2. Caracterização geral da empresa

1. Nome e localização da empresa:

2. Qual a função do entrevistado e a sua relação com o processo de desenvolvimento?

3. Número total de colaboradores da empresa?

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Até 20 | <input type="checkbox"/> 61 a 70 |
| <input type="checkbox"/> 21 a 30 | <input type="checkbox"/> 71 a 80 |
| <input type="checkbox"/> 41 a 50 | <input type="checkbox"/> 81 a 90 |
| <input type="checkbox"/> 51 a 60 | <input type="checkbox"/> mais de 91 |

²⁵ A entrevista foi realizada em outubro de 2005, como atividade prevista na tese de Doutorado de Carlos M. Sacchelli.

13. Qual é a limitação da mão-de-obra existente?

- Conhecimento Competência
 Experiência Outro

14. Qual a forma empregada para treinar e atualizar esta mão-de-obra?

- Universidade Visitas Técnicas
 Cursos técnicos Feiras
 Cursos no exterior Outro

15. Como é feita a descrição da função das pessoas que participam do projeto?

- Formal
 Informal
 Outro

16. Qual é o critério utilizado para definir quem executará um dado projeto de molde?

- Nível de conhecimento
 Tipo de produto
 Quem estiver disponível
 Outro

17. São utilizados *softwares* CAD no desenvolvimento de moldes? Quais?

18. São utilizados *softwares* CAM no desenvolvimento de moldes? Quais?

19. São utilizados *softwares* CAE no desenvolvimento de moldes? Quais?

20. São utilizados *softwares* para gerenciar a empresa? Quais?

21. O desenvolvimento do projeto bem como a fabricação é realizado na empresa?

22. Você acha necessário investir para melhorar o nível e a performance do sistema de projeto de moldes? Se sim, em qual(is) aspecto(s)?

- | | |
|--|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> CAD | <input type="checkbox"/> Pessoal |
| <input type="checkbox"/> CAM | <input type="checkbox"/> MRP |
| <input type="checkbox"/> CAE | <input type="checkbox"/> Internet |
| <input type="checkbox"/> Sistemas de Gerenciamento | <input type="checkbox"/> Outros |

3. Contratação da atividade de desenvolvimento do molde

1. O que é avaliado para definir a viabilidade de execução do projeto do molde?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Custo do projeto | <input type="checkbox"/> Complexidade do projeto do molde |
| <input type="checkbox"/> Geometria do componente injetado | <input type="checkbox"/> Capacidade da equipe na execução |
| <input type="checkbox"/> Sistema computacional requerido | <input type="checkbox"/> Cliente |

2. Como é o processo de contratação do desenvolvimento do molde? É realizado por quem?

3. Como é realizado o orçamento do molde? Segue-se alguma metodologia ou utiliza-se alguma ferramenta de auxílio?

4. Quais são as informações necessárias para a realização do orçamento preliminar do desenvolvimento de um molde? Poderia quantificar entre 0 pouco importante e 5 muito importante.

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Material do produto | <input type="checkbox"/> Tipo de refrigeração |
| <input type="checkbox"/> Acabamento do produto | <input type="checkbox"/> Necessidades de insertos ou gavetas |
| <input type="checkbox"/> Número de cavidades | <input type="checkbox"/> Bico/câmara quente |
| <input type="checkbox"/> Tratamento térmico | <input type="checkbox"/> Dados da injetora |
| <input type="checkbox"/> Material do molde | <input type="checkbox"/> Contração do material |
| <input type="checkbox"/> Linha de fechamento | <input type="checkbox"/> Acabamentos dos componentes do molde |
| <input type="checkbox"/> Tipo do molde | <input type="checkbox"/> Serviços de terceiros |
| <input type="checkbox"/> Tipo de injeção | <input type="checkbox"/> Tolerâncias |
| <input type="checkbox"/> Tipo de extração | <input type="checkbox"/> Durabilidade do molde e volume de produção |

5. Quais os potenciais problemas que são relacionados com esta atividade.

4. Planejamento do processo de desenvolvimento

1. Como é realizado o planejamento do processo de desenvolvimento do molde?

2. São utilizadas ferramentas que auxiliem no processo de planejamento? Quais?

3. Como são previstas as atividades em relação aos recursos, custos, qualidade, escopo e tempo.

4. Quais os potenciais problemas que são relacionados com esta atividade.

5. Projeto do molde

1. Como são coletados os dados do projeto com o cliente? Existe algum formulário ou alguma sistemática?

2. Quais as informações necessárias para a realização do projeto do molde? Poderia quantificar entre 0 pouco importante e 5 muito importante as informações listadas.

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Material do produto | <input type="checkbox"/> Tipo de refrigeração |
| <input type="checkbox"/> Acabamento do produto | <input type="checkbox"/> Necessidades de insertos ou gavetas |
| <input type="checkbox"/> Número de cavidades | <input type="checkbox"/> Bico/câmara quente |
| <input type="checkbox"/> Tratamento térmico | <input type="checkbox"/> Dados da injetora |
| <input type="checkbox"/> Material do molde | <input type="checkbox"/> Contração do material |
| <input type="checkbox"/> Linha de fechamento | <input type="checkbox"/> Acabamentos dos componentes do molde |
| <input type="checkbox"/> Tipo do molde | <input type="checkbox"/> Serviços de terceiros |
| <input type="checkbox"/> Tipo de injeção | <input type="checkbox"/> Tolerâncias |
| <input type="checkbox"/> Tipo de extração | <input type="checkbox"/> Durabilidade do molde e volume de produção |

3. Qual é o tempo médio de execução do projeto de um molde?

- () 0 a 30 dias
 () 31 a 60 dias
 () 61 a 90 dias
 () 91 a 120 dias

4. No processo de projeto, os itens listados abaixo são estimados pela experiência ou são calculados sistematicamente?

Quem especifica o item?

	Estimado	Calculado	Quem determina	
			Cliente	Fabricante
Sistema de refrigeração.				
Posição e quantidade de extratores.				
Força de extração				
Balanceamento das cavidades				
Balanceamento dos canais de alimentação				
Definição do número de cavidades				
Vida útil do molde				
Máquina que receberá o molde				
Tipo e dimensão dos canais de alimentação				
Tipo e dimensão dos canais de distribuição				
Definição do canal de entrada				

5. É utilizada alguma metodologia no processo de desenvolvimento do molde de injeção? Qual? Poderia representar em termos de um fluxograma?

6. O processo descrito anteriormente é formal, ou conduzido com base na experiência dos profissionais?

7. A metodologia utilizada atende as necessidades do dia a dia?

8. A metodologia pode ser melhorada? Se sim, quais são os aspectos desejáveis de melhoramentos?

9. Quais são os benefícios que uma metodologia de projeto pode trazer?

- () Reduz tempo de desenvolvimento
 () Otimiza recursos
 () Armazenar/recuperar conhecimento
 () Outro

10. Qual é a seqüência de projeto de um molde de duas placas empregado em sua empresa? Enumerar por ordem de prioridade

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Determinar o leiaute e o número de cavidades; | <input type="checkbox"/> Projetar o sistema de extração; |
| <input type="checkbox"/> Definir as linhas de fechamento; | <input type="checkbox"/> Analisar a estrutura do molde; |
| <input type="checkbox"/> Projetar o sistema de alimentação; | <input type="checkbox"/> Analisar a funcionalidade do molde; |
| <input type="checkbox"/> Projetar o sistema de refrigeração; | <input type="checkbox"/> Determinar o porta molde; |
| <input type="checkbox"/> Projetar o sistema mecânico | <input type="checkbox"/> Outras |

11. Quais as informações em relação ao processo de injeção, que são levadas em consideração no processo de projeto?

12. Quais as informações em relação a montagem do produto, que são levadas em consideração no processo de projeto?

13. Depois que a solução do molde é liberada para a fabricação há retorno para a fase de projeto para corrigir possíveis problemas?

14. Depois que o molde está injetando que retorno há (informações)?

15. Um sistema computacional de registro de informações para a melhora do processo de projeto e auxílio na tomada de decisões é considerado importante? Que categoria de informações deveria conter neste sistema?

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Geometria | <input type="checkbox"/> Links |
| <input type="checkbox"/> Textos | <input type="checkbox"/> Outros |

16. É dada alguma prioridade no desenvolvimento do molde? Em que?

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Qualidade | <input type="checkbox"/> Prazo |
| <input type="checkbox"/> Custo | <input type="checkbox"/> Outros |

17. As informações de projetos anteriores são utilizados em novos projetos? Caso positivo, quais?

- | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Geometria | <input type="checkbox"/> Textos | <input type="checkbox"/> Outros |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|

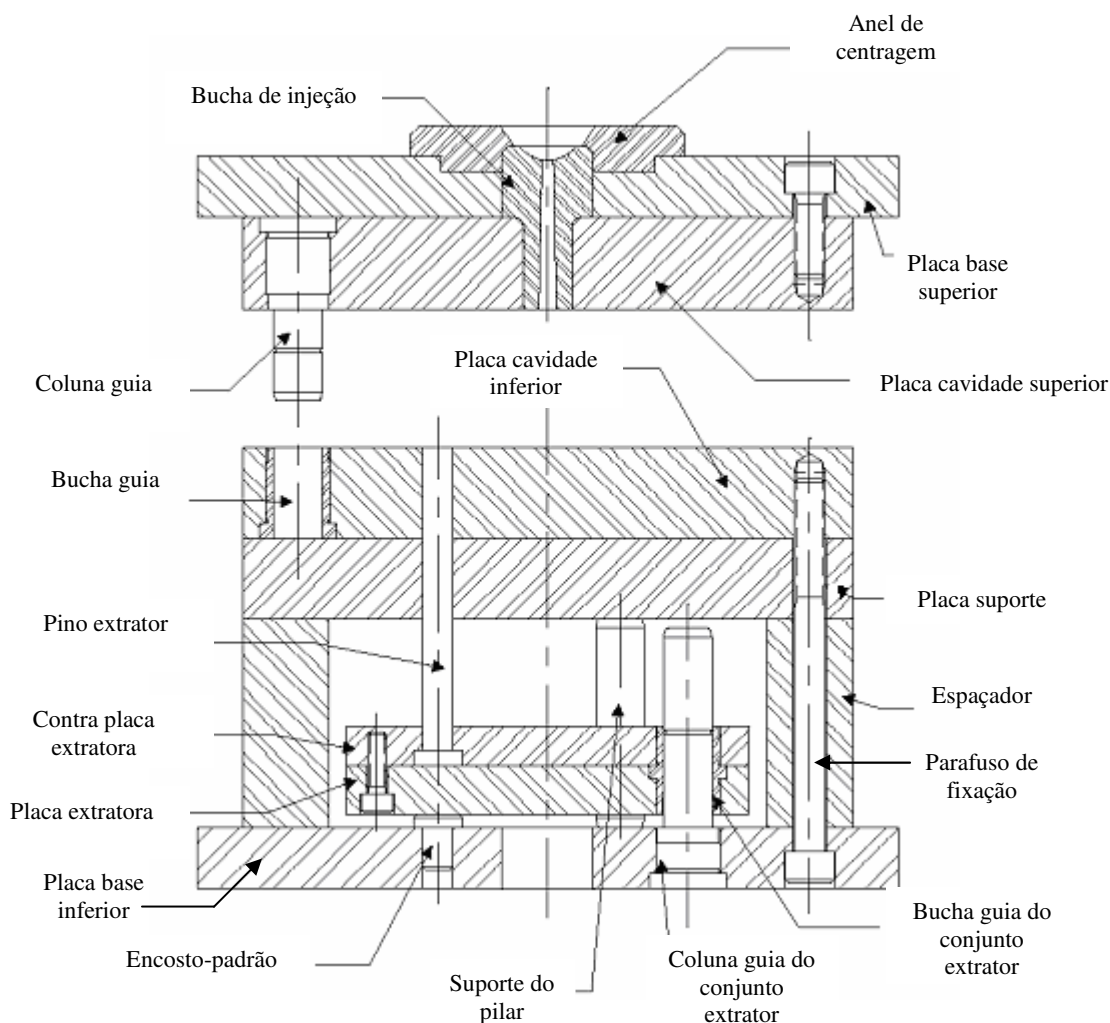
18. O conhecimento gerado no PDP²⁶, num dado projeto, é documentado e formalizado? Caso sim, este conhecimento é compartilhado na organização? De que forma?

19. No PDP, há a interação do setor de DP²⁷ com outros setores? Caso sim, quais setores e como interagem?

20. Você usa a mesma nomenclatura apresentada na Figura E.1 para os componentes do molde?

²⁶ PDP: Processo de desenvolvimento de produtos.

²⁷ DP: Desenvolvimento de produtos.



Componentes	Denominação	Componentes	Denominação
Placa base superior		Coluna e bucha de guia	
Placa cavidade superior		Coluna e bucha de guia do conjunto extrator	
Placa cavidade inferior		Suporte pilar	
Placa suporte		Encosto padrão	
Espaçador		Anel de centragem	
Placa extratora		Bucha de injeção	
Contra placa extratora		Bucha para canal de retenção	
Placa base inferior		Pino extrator	
		Encosto padrão	

Figura E.1 – Nomenclatura dos componentes de um molde de injeção

21. O projeto é realizado em 2D ou 3D?

22. Possuem biblioteca de peças padrões? 3D ou 2D ?

23. Como você desenvolve o projeto do sistema de refrigeração de um molde?

24. Quais são as literaturas que você utiliza para seus projetos de moldes?

25. Quais os potenciais problemas que são relacionados com esta atividade?

6. Gerenciamento do desenvolvimento do molde

1. Como é formada a equipe de DP ?

2. Como são distribuídas as atividades durante o DP?

3. É utilizado algum *software* específico para gerenciar o projeto do molde? Qual?

4. É utilizado algum tipo de gráfico ou planilha para acompanhamento do projeto?

5. É feito o gerenciamento do projeto? Como?

6. Como é definido o escopo do projeto do molde?

7. Como é realizado o controle de custos?

8. Como é realizado o controle de prazos?

9. Como é realizado o controle de qualidade?

10. Qual é o tempo médio do ciclo completo, desde o pedido até o fornecimento?

0 a 30 dias

31 a 60 dias

61 a 90 dias

91 a 120 dias

11. Quem é o responsável pela avaliação do andamento do projeto?

Supervisor Proprietário

Gerente Outro

12. De que forma o atraso no projeto pode ser compensado?

Contrata serviços de outros fabricantes

Horas adicionais

Outro

13. São feitas reuniões ao longo do desenvolvimento do projeto?

Não Sim , documentado

Sim , não documentado

14. Você considera que a transferência de informações entre cliente, ferramentaria e projeto é adequada? Qual é o maior problema?

- Confusa
- Falta informações
- O produto ainda esta em fase de desenvolvimento

15. Quais são os potenciais problemas relacionados com esta atividade?

7. Fabricação e fornecimento do molde

1. Quais são as etapas/componentes realizados por seqüência e concorrentes?

2. São realizados testes antes do fornecimento do molde para o cliente?

3. Quais os potenciais problemas que são relacionados com esta atividade?

8. Disponibilidade da empresa para validação do modelo conceitual

Sua empresa tem interesse em conhecer a metodologia de desenvolvimento integrado de moldes que esta pesquisa irá propor?

Caso afirmativo, sua empresa se disponibilizaria para realizar a validação deste modelo em forma de curso de capacitação ou análise crítica?

Agradecimento

Agradeço pela atenção cedida nesta entrevista, que será de grande valia para a pesquisa da elaboração de um modelo de referência para o desenvolvimento integrado de moldes de injeção.

APÊNDICE F – DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE CAVIDADES NO MOLDE DE INJEÇÃO

F.1. Introdução

Esse Apêndice tem por finalidade apresentar como pode ser realizada a determinação do número de cavidades em um molde de injeção, visando auxiliar o cliente da empresa fabricante de moldes.

F.2. Determinação do número de cavidades do molde

A determinação do número de cavidades de um molde pode ser decorrente da previsão da demanda produtiva do componente injetado ou da capacidade de plastificação da máquina injetora que irá realizar a fabricação do componente injetado.

Para a realização da determinação do número de cavidades **com base na demanda produtiva**, deve-se primeiramente saber o tempo que será o ciclo de fabricação do componente injetado.

Segundo Ferreira (2002), o tempo de ciclo pode ser estimado pela equação F.1.

$$T_{\text{CICLO}} = T_{\text{INJ}} + T_{\text{REC}} + T_{\text{REF}} + T_{\text{RESET}} \quad (\text{F.1})$$

Em que,

T_{CICLO} = Tempo total do ciclo de injeção (s);

T_{INJ} = Tempo de injeção do componente (s);

T_{REC} = Tempo de aplicação do recalque no componente (s);

T_{REF} = Tempo de resfriamento do componente (s);

T_{RESET} = Tempo de *reset* da máquina de injeção (s);

O **tempo de injeção do componente** (T_{INJ}), pode ser determinado segundo Belofsky (1995, *apud* FERREIRA, 2002), de acordo com a equação F.2.

$$T_{\text{INJ}} = 2 \cdot \frac{V_s}{V_{\text{INJ}}} \quad (\text{F.2})$$

Em que,

T_{INJ} = Tempo de injeção do componente (s);

V_s = Volume do material injetado, calculado considerando o volume do componente injetado acrescido do volume do canal de injeção (m^3);

V_{INJ} = Vazão de injeção da máquina injetora (m^3/s);

O **tempo de aplicação do recalque no componente** (T_{REC}) pode ser estimado considerando de 20 a 30% o tempo de injeção do componente.

O **tempo de resfriamento do componente** (T_{REF}) pode ser estimado de acordo com a Figura F.1 adaptada de Dym (1987).

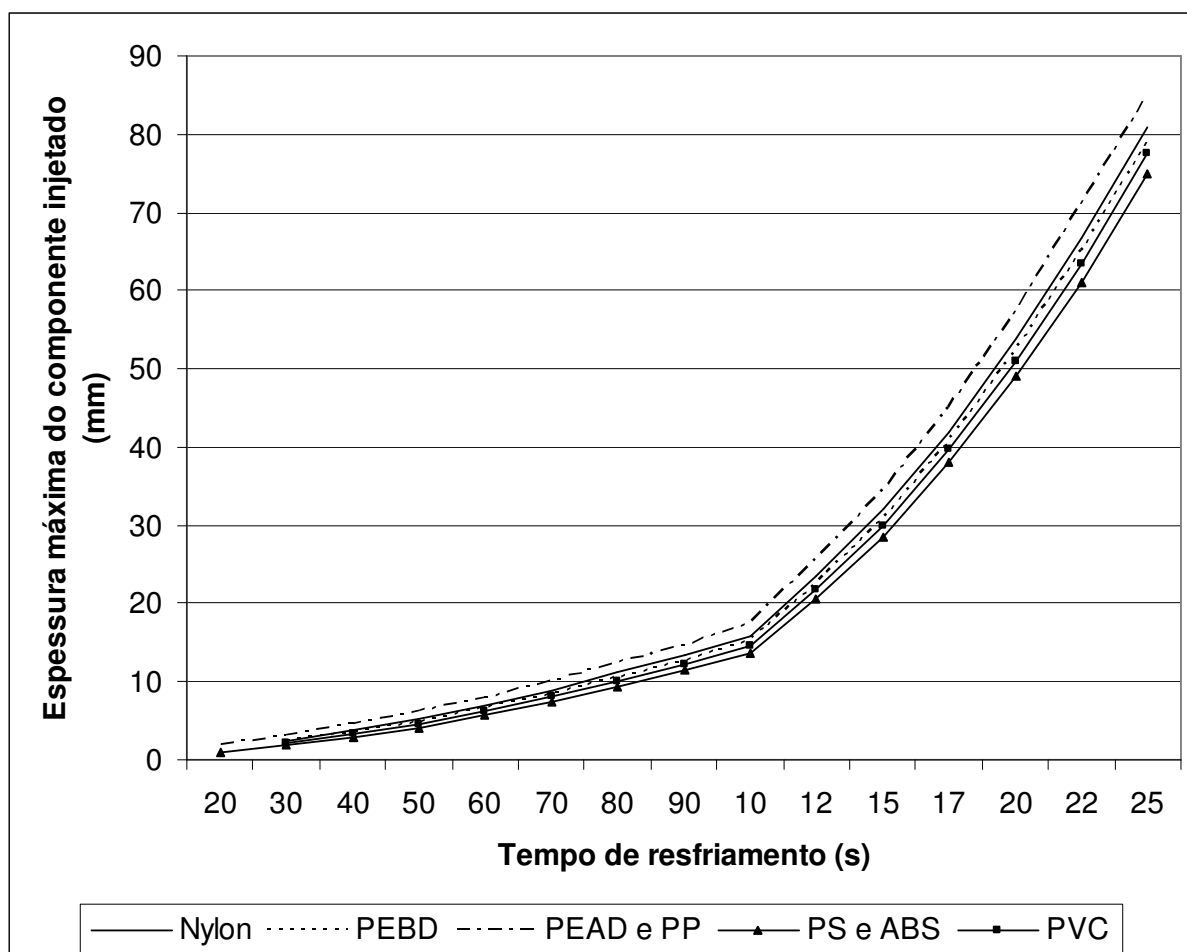


Figura F.1 - Tempo de resfriamento do componente injetado de acordo com a sua espessura máxima (Adaptada de Dym, 1987)

Outro modo de se estimar o tempo de resfriamento de acordo com Ferreira (2002) é por meio das equações F.3 e F4.

$$T_{REF} = \frac{\Delta_z^2}{4.\alpha} \quad (F.3)$$

$$\alpha = \frac{K}{\rho.Ce} \quad (F.4)$$

Em que,

T_{REF} = tempo de resfriamento do componente (s);

Δz = maior espessura do componente (mm);

α = coeficiente de difusividade térmica (m^2/s);

K = condutividade térmica do material (W/m.K);

ρ = massa específica do material (kg/m^3);

Ce = calor específico do material (J/kg.K);

O **tempo de *reset* da máquina de injeção** (T_{RESET}) que leva em consideração o tempo de abertura do molde, extração do componente e fechamento do molde. Pode ser estimado segundo Boothroyd *et al.* (1994, *apud* FERREIRA, 2002) de acordo com a equação F.5.

$$T_{RESET} = 1 + 1,75.t_d \left[\frac{2.D + 50}{L_s} \right]^{1/2} \quad (F.5)$$

Em que,

T_{RESET} = Tempo de *reset* da máquina de injeção (s);

t_d = tempo do ciclo seco, obtido por meio das características da máquina injetora, em função de sua força de fechamento (s);

D = máxima profundidade do componente injetado (mm);

L_s = abertura máxima da máquina injetora para a extração do componente (mm).

Com o tempo total do ciclo de injeção, pode-se na seqüência determinar o número de componentes por hora. Por exemplo, caso o tempo total do ciclo com as equações anteriores totalize 10 segundos, em 1 hora de produção tem-se 3600 s dividido pelo tempo do ciclo (10 s), ou seja, 360 componentes por hora.

Considerando que o período de trabalho seja de 24 horas em cinco dias por semana, tem-se em um mês (média de quatro semanas) o total de 480 horas disponíveis para a fabricação. Assumindo uma eficiência de 80% tem-se 384 horas produtivas em um mês.

Multiplicando-se as 384 horas produtivas pelos 360 componentes, tem-se 138.240 componentes por mês. Caso esta seja a demanda desejada o molde poderá ter apenas uma cavidade, caso a demanda seja maior poderá se aumentar o número de cavidades. Por exemplo, se o molde for com duas cavidades, a produção será de $138.240 \times 2 = 276.480$ componentes.

Para a determinação do número de ciclo baseado na **capacidade de plastificação da máquina injetora**, pode-se utilizar segundo Provenza (1993), a equação F.6.

$$n = \frac{0,8.C_p}{P_j.60} \quad (F.6)$$

Em que:

n = número de ciclos por minuto;

C_p = capacidade de plastificação (g/h);

P_j = massa da moldagem em cada ciclo (kg).

A capacidade de plastificação é definida segundo Harada (2004) como a quantidade de material polimérico em gramas que a máquina injetora pode elevar por hora à temperatura de moldagem.

Os coeficientes de 0,8 e de 60 correspondem a utilização de 80% da capacidade de plastificação da máquina e a conversão do tempo em horas para minutos, respectivamente.

Assim por exemplo, se a capacidade da plastificação da máquina (C_p) for de 36.000 g/h, e a massa da moldagem para uma cavidade de 40 gramas (30 gramas da massa do componente injetado e 10 gramas correspondente ao sistema de alimentação), tem-se 12 ciclos de injeção por minuto.

Após a obtenção do número de cavidades deve-se verificar se a máquina injetora possui as características técnicas necessárias para a realização da fabricação dos componentes, sendo as mais importantes: **capacidade de injeção, capacidade de plastificação, pressão de injeção e força de fechamento da máquina injetora.**

As características citadas anteriormente serão detalhadas na seqüência.

F.3. Verificação da capacidade de injeção da máquina injetora

A capacidade de injeção é definida como a quantidade de material polimérico que a máquina injetora consegue deslocar para o molde de injeção em um ciclo.

As máquinas injetoras são normalmente especificadas pelo máximo peso de material que pode ser moldado, sendo o material de referência o poliestireno. Assim basta verificar na característica técnica da máquina qual a capacidade de injeção (normalmente dada em gramas) e comparar com a massa do componente injetado (basta multiplicar o volume do componente pela massa específica do material polimérico).

Com esta comparação será possível verificar se a máquina injetora poderá produzir a quantidade de cavidades que se deseja.

Caso o material a ser moldado difere daquele para o qual a máquina é especificada, deve-se utilizar a equação F.7, que relaciona a capacidade de injeção do material A (poliestireno) para um outro tipo de material B.

$$\varphi_B = \varphi_A \left(\frac{\rho_B}{\rho_A} \right) * \left(\frac{v_A}{v_B} \right) \quad (F.7)$$

Em que,

φ_A = Capacidade de injeção para o material A (g);

φ_B = Capacidade de injeção para o material B (g);

ρ_A = Massa específica do material A (g/cm^3);

ρ_B = Massa específica do material B (g/cm^3);

v_A = Fator volumétrico do material A;

v_B = Fator volumétrico do material B.

Por exemplo, se deseja saber qual a capacidade de injeção de Policarbonato para uma determinada máquina que possui capacidade de injeção de 32 g de Poliestireno.

Assim tem-se:

$$\varphi_A = 32 \text{ g}, \rho_A = 1,04 \text{ g/cm}^3, \rho_B = 1,2 \text{ g/cm}^3, v_A = 2 \text{ e } v_B = 1,75.$$

Utilizando a equação F.1, tem-se como resultado que a capacidade de injeção da máquina injetora para o Policarbonato (φ_B) é de 42 gramas.

Não se deve esquecer de incluir o valor referente aos canais de alimentação e distribuição ao valor da capacidade de injeção.

F.4. Verificação da capacidade de plastificação da máquina injetora

A capacidade de plastificação é definida segundo Harada (2004) como a quantidade de material polimérico em gramas que a máquina injetora pode elevar por hora à temperatura de moldagem.

Como normalmente este valor é dado para o material Poliestireno, pode-se para a sua determinação quando em outro material utilizar a equação F.8.

$$C_{pB} = C_{pA} C_{eA} T_A / C_{eB} T_B \quad (F.8)$$

Em que,

C_{pA} = capacidade de plastificação do material A (g/h);

C_{pB} = capacidade de plastificação do material B (g/h);

C_{eA} = calor específico do material A (J/kg°C);

C_{eB} = calor específico do material B (J/kg°C);

T_A = temperatura do material A (°C);

T_B = temperatura do material B (°C);

Por exemplo, em uma determinada máquina que possui capacidade de plastificação de 30 g de Poliestireno, deseja determinar a capacidade para o policarbonato, assim tem-se:

$$C_{pA} = 30 \text{ g}, C_{eA} = 1,8 \text{ J/kg°C}, C_{eB} = 2 \text{ J/kg°C}, T_A = 200^\circ\text{C} \text{ e } T_B = 240^\circ\text{C}.$$

Utilizando a equação F.2, tem-se como resultado que a capacidade de plastificação da máquina injetora para o Policarbonato (C_{pB}) é de 22,5 gramas.

F.5. Verificação da pressão de injeção

A pressão de injeção é definida como sendo a pressão necessária para promover o preenchimento da cavidade pelo material polimérico.

A determinação prévia da pressão de injeção poderá ser realizada pela espessura máxima do componente injetado.

Para a determinação da pressão de injeção podem ser empregadas técnicas computacionais ou de acordo com Harada (2004) utilizar o diagrama da Figura F.2, que relaciona para diversos tipos de materiais, a pressão de injeção em função da espessura máxima do componente injetado e da distância a ser percorrida pelo material polimérico no componente injetado no interior da cavidade.

Por exemplo, caso se tenha uma placa de 100 x 50 mm do material Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS), com uma espessura constante de 2 mm, obtém-se aproximadamente 425 bar de pressão na cavidade do molde.

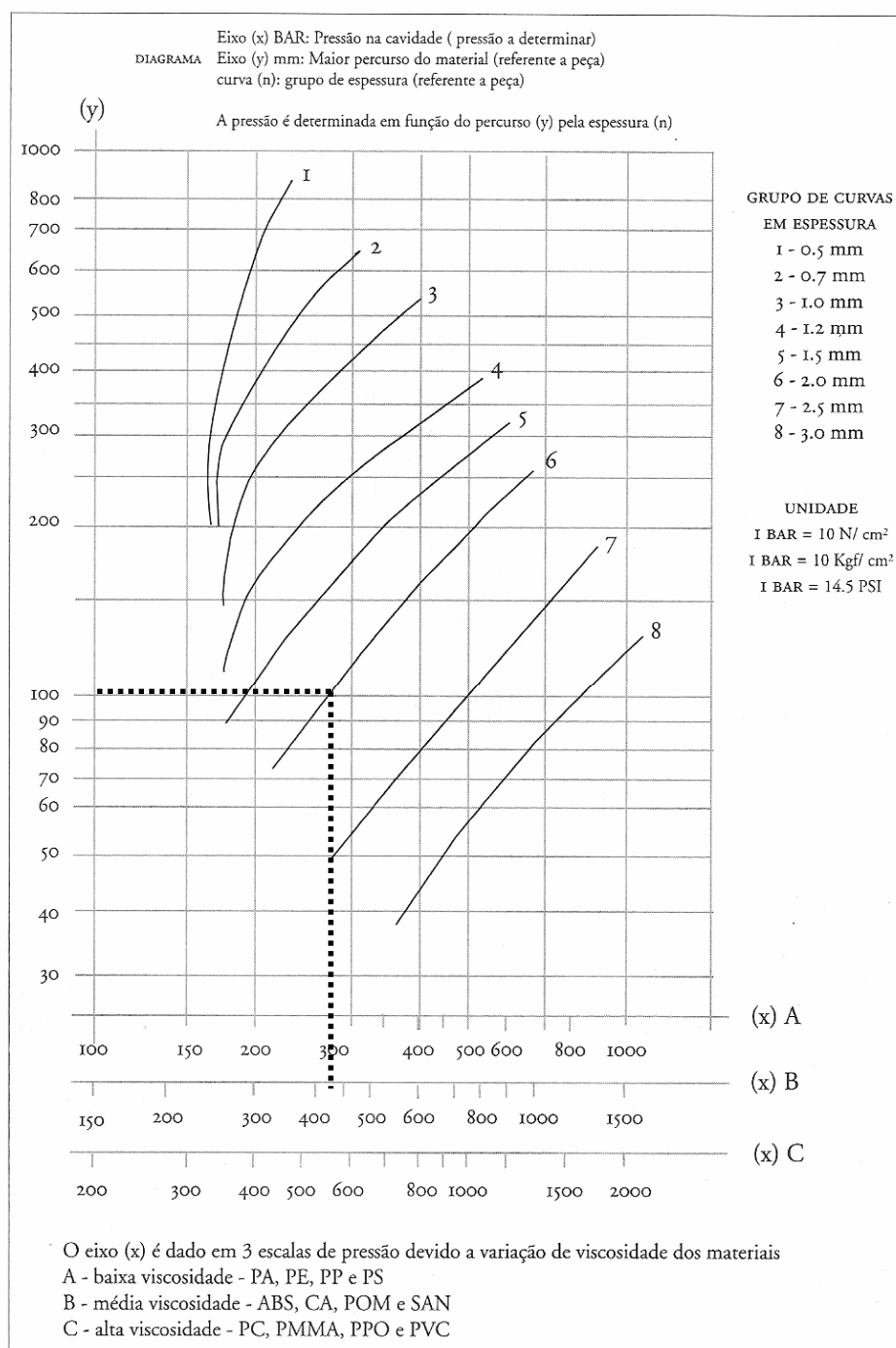


Figura F.2 – Diagrama de determinação da pressão de injeção de acordo com o material polimérico, a espessura e a distância percorrida no componente injetado (HARADA, 2004)

F.6. Verificação da força de fechamento

A força máxima de fechamento da máquina injetora também é um parâmetro limitante na determinação do número de cavidades do molde de injeção.

Pode ser definida como sendo a força necessária para garantir que o molde de injeção permaneça fechado no momento que o material polimérico é injetado para o interior da cavidade de modo que possa haver uma boa compactação do material e evitar a formação de rebarbas devido a uma possível abertura do molde.

Pode ser determinada, conhecendo-se a área projetada do componente injetado e dos canais de alimentação além da pressão de injeção necessária para o completo preenchimento das cavidades pelo material polimérico, de acordo com a equação F.9.

$$F = A_p \times P_{inj} \quad (F.9)$$

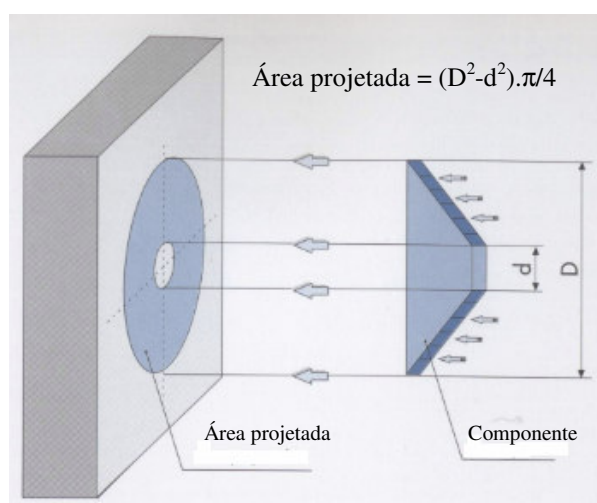
Em que,

F = força fechamento (N);

A_p = área projetada das moldagens (m^2);

P_{inj} = pressão de injeção (Pa).

Por exemplo, para o componente da Figura F.3 que possui $P_{inj} = 150 \text{ MPa}$, $D = 100 \text{ mm}$ e $d = 20 \text{ mm}$, tem-se uma área projetada de $7539,6 \text{ mm}^2$, ou de $0,0075396 \text{ m}^2$, resultando em uma força de fechamento de 1131 kN . Recomenda-se que a máquina injetora opere com a força de fechamento a 80% de seu máximo, assim neste caso a máquina injetora deverá possuir no mínimo 1414 kN de força de fechamento.



F.3- Exemplo de cálculo da área projetada (Centimfe, 2003)

APÊNDICE G – TRATAMENTOS TÉRMICOS E DE SUPERFÍCIES APLICADOS AOS COMPONENTES DO MOLDE DE INJEÇÃO

G.1. Introdução

Esse Apêndice tem por finalidade apresentar os principais tipos de tratamentos térmicos e de superfícies aplicados aos componentes do molde de injeção.

G.2. Conceitos e tipos dos principais tipos de tratamentos térmicos e de superfícies aplicados aos componentes do molde de injeção

Na Tabela G.1 estão relacionados os principais tratamentos térmicos e na Tabela G.2 os principais tratamentos de superfícies utilizados nos componente do molde, com os conceitos técnicos de cada tratamento segundo Holtz (1992) e Centimfe (2003).

Tabela G.1 - Principais tratamentos térmicos em moldes de injeção - Adaptado de Holtz (1992) e Centimfe (2003)

Tratamento térmico	Conceitos
Recozimento	Tem como finalidade remover tensões devidas aos tratamentos mecânicos a frio ou a quente, diminuir a dureza para melhorar a usinabilidade do aço, alterar as propriedades mecânicas como a resistência, uniformizar o tamanho do grão e eliminar os efeitos de outros tratamentos térmicos ou mecânicos a que o aço tiver sido anteriormente submetido
Normalização	Utilizado para refinar a granulação e conferir ao aço, estruturas uniformes com as características normais de sua composição, quando o mesmo sofre alterações em sua estrutura devido a trabalhos a quente
Têmpera	Tem por objetivo aumentar as propriedades mecânicas do aço, como dureza, resistência ao desgaste, contudo faz com que a tenacidade seja diminuída e que ocorram distorções, alterando o dimensional da peça. Além disto, neste tratamento, há o surgimento de tensões internas, por isso o tratamento de têmpera sempre vem acompanhado do tratamento de revenido
Revenido	Tratamento complementar realizado após a têmpera, tendo como principal objetivo aliviar as tensões internas
Envelhecimento	Também conhecido como solubilização, tem por finalidade conferir ao material uma maior resistência mecânica e maior dureza. O metal é aquecido até próximo de 500° C, e na seqüência retirado o calor rapidamente

Tabela G.2- Principais tratamentos de superfície em moldes de injeção - Adaptado de Holtz (1992) e Centimfe (2003)

Tratamento de superfície	Conceitos
Cementação	Este tratamento consiste na introdução de carbono na superfície do aço, de modo que este, após o tratamento de têmpera, apresente uma superfície mais dura, a fim de se produzir uma combinação de uma superfície dura com núcleo tenaz. Nos moldes a cementação é empregada em superfícies que tendem a deslizar uma sobre as outras, como buchas e colunas, guias para gaveta e centralizadores
Nitretação	Processo de introdução superficial de nitrogênio no aço, pela elevação da temperatura do mesmo para formar uma camada dura de nitretos objetivando o aumento da resistência ao desgaste e a fadiga térmica e mecânica. Por utilizar temperaturas menores que as de cementação, a nitretação produz menor distorção dimensional e tem menor tendência a causar trincas e empenamento no material
Nitrocarbonetação	Também conhecida como carbonitretação, visa a alteração de uma camada superficial do aço, pela introdução de carbono e difusão de nitrogênio simultaneamente. Ocorre em um meio gasoso, em que a camada com maior dureza pode alcançar até 0,70 mm. Após este tratamento o aço deverá ser temperado e revenido
Nitretação a plasma	Utilizado para aumentar a dureza superficial, a resistência ao desgaste e a corrosão, além de diminuir a fadiga e o atrito. Tratamento que utiliza um plasma para inserir íons de nitrogênio em metais como aço, titânio e alumínio (FIGUEROA, 2007)
CVD (<i>Chemical Vapour Deposition</i> ; deposição química na fase vapor)	Permite a deposição de um produto sólido em uma superfície aquecida por meio de reações químicas, sendo utilizados entre outros os filmes de TiCN ²⁸ , TiN ²⁹ , e Al ₂ O ₃ ³⁰ . Tendo como vantagens a baixa tensão interna do revestimento o que permite a deposição de espessuras elevadas com aderência razoáveis, e desvantagens a temperatura elevada de trabalho (aproximadamente 1000°C)
Plasma CVD	Realizado com temperaturas mais baixas (de 300°C a 700°C)
PVD (<i>Physycal Vapour Deposition</i> ; deposição física na fase vapor)	Processo que permite a deposição de um produto sólido por meio físico em um estado de vapor em temperatura de 200 °C a 600 °C. Pode ser realizada pelas técnicas de <i>Sputtering</i> (utilizada em moldes), evaporação por feixe de elétrons e por arco catódico. - Sputtering : deposição iônica que consiste em produzir um plasma metal-vapor, a partir de um cátodo sólido, fazendo colidir nele, íons de gás com alta energia, utiliza-se neste técnica entre outros os filmes de TiN e CrN ³¹ . - Evaporação por feixe de elétrons : uma fonte faz com que os elétrons incidam sobre o metal fundido produzindo assim um plasma onde se ioniza o metal. - Evaporação por arco catódico : esta técnica deposita filmes entre outros de TiN, TiAlN ³² , CrN e TiCN, para proteção contra desgaste em instrumentos cirúrgicos

²⁸ TiCN: Carbonitreto de titânio.

²⁹ TiN: Nitreto de titânio.

³⁰ Al₂O₃: Óxido de alumínio.

³¹ CrN: Nitreto de cromo.

³² TiAlN: Nitreto de titânio alumínio

Algumas orientações também devem ser observadas para que o tratamento realizado no molde não cause problemas, como por exemplo:

- a) **antes do tratamento:** procurar usinar as cavidades de maneira com que o material não sofra encruamento na superfície, ou seja, o material deve receber o corte suave, e depois da usinagem um alívio de tensões é obrigatório antes da têmpera, quando for necessário;
- b) **durante o tratamento:** procurar seguir as regras adotadas para a estrutura do material a ser tratado, isto é, obedecer as temperaturas de aquecimento, tempo de aquecimento e os meio de resfriamento;
- c) **após o tratamento:** não submeter o molde a solicitações térmicas ou mecânicas elevadas, de tal forma que não cause micro-trincas ou até mesmo falha total, no caso a quebra do componente do molde.

APÊNDICE H – PRINCÍPIOS DA CÂMARA QUENTE APLICADOS A MOLDES DE INJEÇÃO

H.1. Introdução

Esse Apêndice tem por finalidade apresentar os princípios da câmara quente aplicado aos moldes de injeção.

H.2. Conceitos, vantagens e desvantagens da câmara quente em moldes de injeção

O material polimérico preenche a cavidade do molde de injeção por meio do sistema de alimentação, que é composto de canais de alimentação, que pode ser de dois tipos: i) canal frio; e ii) canal quente.

Na Figura H.1 tem-se um exemplo dos dois tipos de canais.

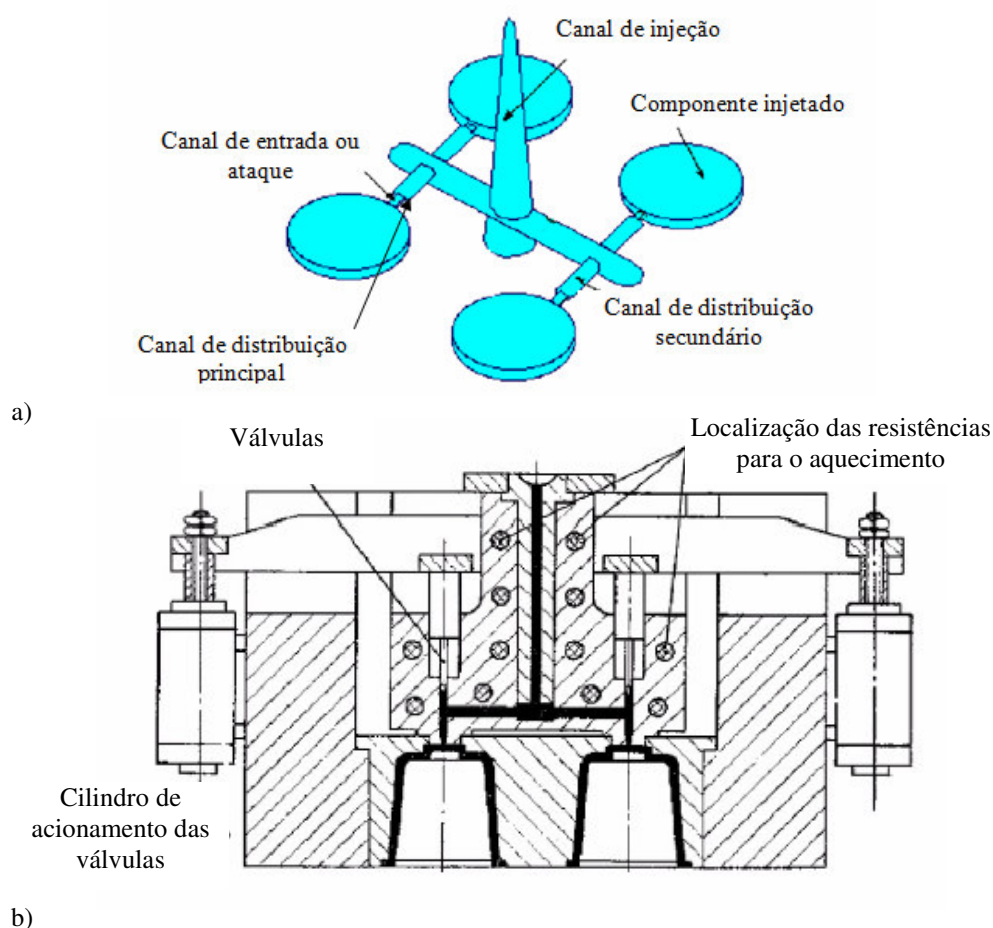


Figura H.1- a) Exemplo do sistema de alimentação do canal frio; b) Exemplo da utilização de um sistema de alimentação com canal quente (Adaptado de C-MOLD, 2000)

O sistema de alimentação utilizando o canal quente mantém aquecido o material polimérico na mesma temperatura de injeção da máquina injetora até a cavidade que será preenchida.

Quando se tem um sistema de alimentação que é totalmente aquecido (canais de injeção, distribuição e entrada), tem-se a denominação de câmara quente. Conforme demonstrado na Figura H.1 b).

A câmara quente é recomendada em componentes injetados de dimensões elevadas, onde em uma injeção utilizando o canal frio, o material polimérico demoraria muito para preencher completamente a cavidade do molde. Em muitos casos como o canal frio do sistema de alimentação é muito extenso, há um risco do material polimérico solidificar antes de adquirir a forma geométrica desejada.

Também é recomendado em moldes em que há múltiplas cavidades, com o objetivo de se conseguir uma elevada produção, pois com a utilização da câmara quente há a eliminação dos canais de injeção, que torna o tempo do ciclo de injeção menor. A produtividade também é beneficiada, pois há a eliminação de operações de retirada do canal frio do componente injetado.

Na Tabela H.1, tem-se a relação de algumas vantagens e desvantagens em relação a utilização da câmara quente segundo Centimfe (2003) e Ferro (2003).

Tabela H.1- Vantagens e desvantagens da câmara quente – Adaptado de Centimfe (2003) e Ferro (2003)

Vantagens	Desvantagens
Baixo consumo de material e eliminação da granulação de canais frios	Refugo maior nas primeiras injeções
Tempos de ciclo menor	Maior complexidade de projeto
Menores pressões de injeção e dosagens, gerando economia de energia	Custo do molde elevado
Redução ou eliminação das operações de acabamento, como o corte do canal frio	Necessidades de equipamento auxiliar
Maior possibilidade de automação do processo de injeção	Assistência técnica especializada
Permitem caminhos de fluxo médios, assegurando a flexibilidade dos pontos de injeção	Possível degradação de material sensível termicamente
Possibilitam tempos de compactação longos	Necessidade de previsão de dilatação térmica dos componentes do molde
Balanceamento do molde realizado mecanicamente e termicamente	
Vestígios de injeção podem ser controlados e em alguns casos tornam-se praticamente imperceptíveis	

APÊNDICE I – FERRAMENTAS DE AUXÍLIO À FASE DE CONTRATAÇÃO

I.1. Introdução

Esse Apêndice tem por finalidade apresentar algumas ferramentas desenvolvidas que auxiliam as atividades da Fase 1 do modelo de referência a de **contratação**.

I.2. Ferramentas de suporte na escolha dos materiais para os componentes do molde

Na Tabela I.1 é apresentada a ferramenta de suporte na escolha dos materiais e dos tratamentos dos componentes do molde – FR1a, que tem por objetivo auxiliar o projetista na determinação do material e do tratamento térmico que cada componente do molde deverá ter.

Para as placas cavidades que são os componentes do moldes que realizarão a forma da geometria do componente injetado em que os desgastes serão maiores, há necessidade de maior atenção para a correta escolha do tipo do material e tratamento térmico ou de superfície.

Esta escolha deve levar em consideração o tipo de material polimérico e a produção desejada, assim para esta escolha tem-se a ferramenta de suporte na escolha do material e dos tratamentos nas placas cavidades do molde- FR1b, que pode ser visualizada na Tabela I.2.

Tabela I.1- Ferramenta de suporte na escolha dos materiais e dos tratamentos dos componentes do molde – FR1a (Adaptado de Harada, 2004 e Centimfe, 2003)

Componentes	Materiais	Tratamento
Parte Fixa		
Placa base superior	aço 1045	-----
Placa porta cavidade	aço 1045	-----
Coluna-guia principal	aço 8620	cementação e têmpera
Anel de centragem	aço 1045	revenido duplo
Bucha de injeção	P20	-----
Placa cavidade superior	Ver Tabela I.2	
Parte Móvel		
Placa porta macho	aço 1045	-----
Placa suporte	aço 1045	-----
Encosto direito	aço 1045	-----
Encosto esquerdo	aço 1045	-----
Contra placa extratora	aço 1045	-----
Placa extratora	aço 1045	-----
Placa base inferior	aço 1045	-----
Coluna guia do extractor	aço 8620	-----
Bucha guia principal	aço 8620	-----
Bucha guia do extractor	aço 8620	-----
Pino de retorno	aço 8620	-----
Placa cavidade inferior	Ver Tabela I.2	

Tabela I.2. - Ferramenta de suporte na escolha dos materiais e dos tratamentos nas placas cavidades do molde – FR1b (Adaptado de Harada, 2004 e Centimfe, 2003)

Materiais poliméricos		Ciclos de injeção			
		Até 30.000	30.000 a 250.000	250.000 a 500.000	>500.000
Denominação	Sigla				
Acrilonitrila butadieno estireno Poli(etileno de baixa densidade Poli(etileno linear de baixa densidade Poli(etileno de alta densidade Polipropileno	ABS PEBD PEBDL PEAD PP	Aço ABNT 1020 ou Liga de alumínio com dureza de 160 HB TT*: Nenhum TS**: Nenhum	Aço P20	Aço P20 ou P20 + Ni TT: Nenhum TS: Nitrocarbonetação	Aço P20 HH ou P20 Super TT: Tempera TS: Nitrocarbonetação
Poli(etileno tereftalato Poli (tereftalato de butileno) Poli(amida Copolímero de estireno – acrilonitrila Poli (óxido de metileno)	PET PBT PA SAN POM	Aço ABNT 1020 TT: Nenhum TS: Nitrocarbonetação	Aço P20 TT: Nenhum TS: Nitrocarbonetação	Aço ABNT 4340 TT: Nenhum TS: Nitrocarbonetação	Aço da classe PH TT: Tempera TS: Nitrocarbonetação, nitretação a plasma ou PVD
Policarbonato Poli (eter-eter cetona) Poli (sulfeto de fenileno) Poli (cloreto de vinila) Materiais com carga: fibra de vidro, antichama, dióxido de titânio.	PC PEEK PPS PVC	Aço ABNT 1045 TT: Nenhum TS: Nitretação	Aço da classe PH TT: Envelhecimento TS: Nitrocarbonetação, nitretação a plasma	Aço ABNT H13 TT: Têmpera TS: Nitrocarbonetação ou PVD	Aço ABNT H13 TT: Têmpera TS: Nitrocarbonetação ou PVD

*TT: Tratamento Térmico, **TS: Tratamento Superficial

Na ferramenta FR1b, observa-se a relação entre o tipo de material polimérico a ser injetado e o número de ciclos de injeção, com os materiais recomendados, bem como os tratamentos térmicos e de superfície. Por exemplo, caso o cliente deseje utilizar no componente injetado o material Polipropileno em um ciclo total de produção de 30.000 peças, indica-se, como material para a utilização nas placas cavidades, o aço ABNT 1020, sem necessitar de tratamentos térmicos ou de superfície. Como opção pode-se utilizar uma liga de alumínio com dureza de 160 HB.

APÊNDICE J – FERRAMENTAS DE AUXÍLIO À FASE DE PLANEJAMENTO

J.1. Introdução

Esse Apêndice tem por finalidade apresentar algumas ferramentas desenvolvidas que auxiliam nas atividades na fase de planejamento do processo de desenvolvimento do molde do modelo de referência.

J.2. Formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde – PL2

O formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde – PL2 apresentado na Figura J.1, tem por objetivo auxiliar no planejamento e no gerenciamento das atividades do desenvolvimento do molde de injeção, pois nele se encontram ou se relacionam as informações sobre as principais variáveis do gerenciamento de projetos (escopo, recursos humanos, tempo, aquisição, custos, qualidade, comunicações e riscos).

J.3. Formulário de planejamento e controle dos custos – PL5

O formulário de planejamento e controle dos custos – PL5, apresentado na Figura J.2, tem por objetivo auxiliar o gerente do projeto para a realização do planejamento e controle dos custos envolvidos durante o desenvolvimento do molde de injeção.

Na segunda coluna do formulário observa-se as atividades necessárias para o desenvolvimento do molde, sendo os custos totais planejados (**CP**) obtidos pela soma dos custos das atividades alocadas ao longo de cada semana na coluna denominada **P - planejado**, custos estes determinados na fase de planejamento baseados no orçamento do molde.

Para o controle dos custos do projeto, deve-se realizar o preenchimento durante o seu desenvolvimento dos custos totais reais (**CR**), que são obtidos pela somas dos custos das atividades inseridas em cada semana no formulário na coluna **R – realizado**, ao longo do processo de desenvolvimento do molde.

O valor agregado (**VA**) que será utilizado para o controle dos custos pelo método *EVA*, é obtido pela soma do valor agregado da atividade (**va**), que é determinado por meio de uma análise entre o custo planejado e o progresso das atividades do projeto.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC												
Formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde – PL2												
Plano de Escopo: PL1a e PL1b		Plano do tempo: PL3		Plano das aquisições: PL4			Plano de custos: PL5		Avaliação da qualidade: PL6		Comunicações: PL7	
Fase	Atividades do modelo de referência	Recursos humanos	Tempo		Qualidade			Riscos				
			Início	Fim	Planejado	Controle		Garantia	Riscos	Análise	Controle	Plano de resposta
							*R	**NR				
2. Planejamento	2.1. Realizar o planejamento do escopo											
	2.2. Realizar o planejamento dos recursos humanos											
	2.3. Realizar o planejamento do tempo											
	2.4. Realizar o planejamento das aquisições											
	2.5. Realizar o planejamento dos custos											
	2.6. Realizar o planejamento da qualidade											
	2.7. Realizar o planejamento das comunicações											
	2.8. Realizar o planejamento dos riscos											
Projeto												
Fabricação												
Certificação												

*Realizado; ** Não realizado.

Figura J.1 - Formulário de planejamento do processo de desenvolvimento do molde – PL2

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC Formulário de planejamento e controle dos custos – PL5																										
Data: __/__/__	Denominação do componente injetado:																									
Cliente:												Projeto número:														
Fase	Atividades	SEMANAS																								
		1			2			3			4			5			6			...			12			
		P*	R**	va***	P	R	va	P	R	va	P	R	va	P	R	va	P	R	va	P	R	va	P	R	va	
Planejamento	CP CR VA																									
Projeto	CP CR VA																									
Fabricação	CP CR VA																									
Certificação	CP CR VA																									

*Planejado; **Real; *** valor agregado da atividade; CP: custo planejado; CR: custo real e VA: valor agregado.

Figura J.2 - Formulário de planejamento e controle dos custos – PL5

Na terceira coluna da Figura J.2, além dos custos de cada atividade, se tem o somatório do custo planejado – CP, do real – CR e do valor agregado – VA, em cada semana. Com estes dados pode-se realizar um gráfico de acompanhamento. Na Figura J.3 se tem o exemplo de um gráfico.

Para a realização do acompanhamento e controle dos custos será utilizado o método de análise do valor agregado - *EVA*, método este que segundo Oliveira (2003) realiza a integração do custo e tempo com a finalidade de se controlar com maior eficiência o projeto.

É baseado nos seguintes índices:

- variação nos custos - **CV** é a diferença entre o valor agregado e o custo real, em que para valores positivos denota que os custos reais estão abaixo do que foi planejado;
- variação no cronograma - **SV** é a diferença entre o valor agregado e o custo planejado, e que para valores positivos denota que o cronograma está de acordo com o que planejado;
- índice de performance de custo - **CPI** é obtido entre a razão do valor agregado e o custo real, que para valores acima de 1 significa que há lucro para os valores investidos.
- índice de performance do cronograma - **SPI** é obtido entre a razão do valor agregado pelo custo planejado, resultando nos valores de eficiência no projeto.

Na Figura J.3 é apresentado o custo planejado, real e o valor agregado ao longo das semanas, utilizando-se os conceitos do EVA, tem-se, como exemplo, que:

- variação nos custos (CV) na sexta semana de R\$ - 1525, ou seja, os custos reais estão acima do que foi planejado;
- variação no cronograma (SV) na sexta semana de R\$ - 6300, ou seja, o cronograma não está de acordo com o que foi planejado;
- índice de performance de custo (CPI) na sexta semana está abaixo de 1 significando que para cada R\$ 1,00 investido há perda de R\$ 0,19.

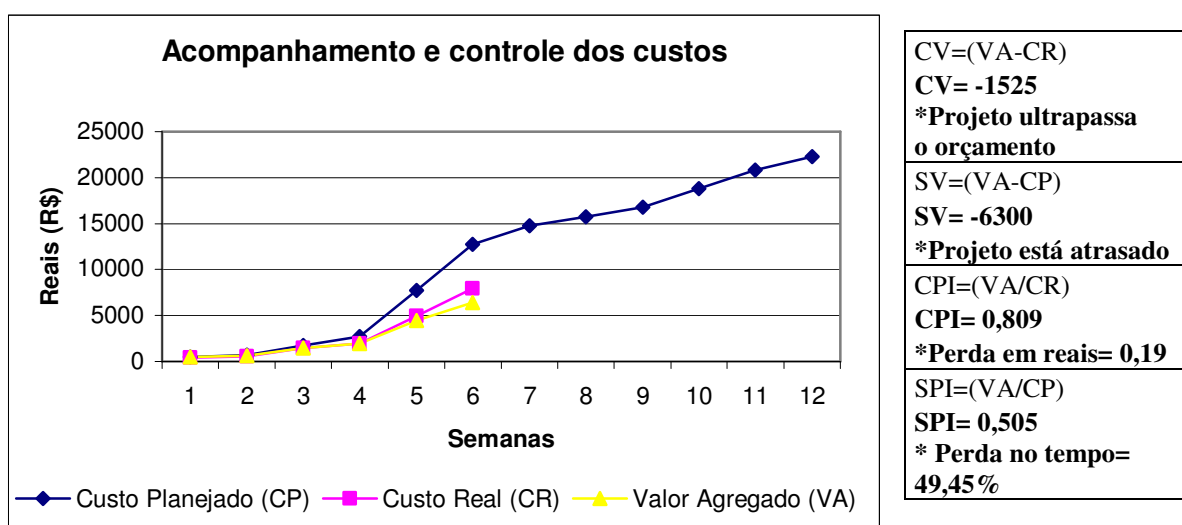


Figura J.3 – Exemplo de acompanhamento e controle dos custos utilizando o *EVA*

d) índice de performance do cronograma (SPI) na sexta semana está abaixo de 1, resultando em ineficiência no desenvolvimento do projeto, que neste caso está 49,45% do cronograma em atraso.

J.4. Tabela de auxílio de normas técnicas

Na Tabela J.1 é apresentado uma relação de normas de desenho e fabricação que podem ser utilizados no desenvolvimento do molde de injeção (ABNT, 2007).

Tabela J.1 – Relação de normas técnicas aplicadas no desenvolvimento de moldes (Continua)

Título	Código	Objetivo
Movimentos e relações geométricas na usinagem dos metais	NBR 6162	Fixa conjuntos básicos referentes aos movimentos e relações geométricas envolvidos na usinagem.
Processos mecânicos de usinagem	NBR 6175	Define a nomenclatura e a classificação dos processos mecânicos de usinagem
Tolerâncias geométricas – Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento – Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho	NBR 6409	Estabelece princípios gerais para indicação das tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento, e ainda, às definições geométricas apropriadas
Desenho técnico – Emprego de escalas	NBR 8196	Fixa condições exigíveis para o emprego de escalas e suas designações em desenhos técnicos
Execução de caracter para escrita em desenho técnico	NBR 8402	Fixa condições exigíveis para a escrita usada em desenhos técnicos e documentos semelhantes
Aplicação de linhas em desenhos técnicos – Tipos de linhas – Largura de linhas	NBR 8403	Fixa tipos e o escalonamento de larguras de linhas para uso em desenho técnico e documentos semelhantes
Indicação do estado de superfícies em desenho técnico	NBR 8404	Fixa símbolos e indicações complementares para a identificação do estado de superfície em desenhos técnicos
Representação convencional de partes roscadas em desenho técnicos	NBR 8993	Fixa condições exigíveis do método convencional de representação simplificada de partes roscadas em desenhos técnicos
Rosca métrica ISO	NBR 9527	Fixa perfil básico, dimensões, diâmetros nominais e passos correspondentes da rosca métrica ISO
Princípios gerais de representação em desenho técnico	NBR 10067	Fixa forma de representação em desenho técnico
Folha de desenho – leiaute e dimensões	NBR 10068	Fixa características dimensionais das folhas em branco e pré-impresas a serem aplicadas em todos os desenhos técnicos
Cotagem em desenho técnico	NBR 10126	Fixa princípios gerais de cotagem a serem aplicados em todos os desenhos técnicos
Apresentação da folha para desenho técnico	NBR 10582	Fixa condições exigíveis para a localização e disposição do espaço para desenho, espaço para texto e espaço para legenda, e respectivos conteúdos, nas folhas de desenhos técnicos
Representação de molas em desenho técnico	NBR 11145	Fixa condições exigíveis para representação de molas em desenhos técnicos
Ferramentas de corte para usinagem	NBR 11406	Define termos relativos a ferramentas de corte
Representação simplificada de furos de centro em desenho técnico	NBR 12288	Fixa condições exigíveis para representação de furos de centro.
Representação de área de corte por meio de hachuras em desenho técnico	NBR 12298	Fixa condições exigíveis para representação de áreas de corte em desenho técnico

Tabela J.1 – Relação de normas técnicas aplicadas no desenvolvimento de moldes
(Continuação)

Título	Código	Objetivo
Representação de entalhado em desenho técnico	NBR 13104	Fixa condições exigíveis para a representação real e simplificada de entalhados em desenho técnico
Desenho técnico – Dobramento de cópia	NBR 13142	Fixa as condições exigíveis para o dobramento de cópias de desenho técnico
Desenho técnico – Elaboração das listas de itens	NBR 13272	Fixa as condições exigíveis para a elaboração das listas de itens em desenho técnico
Tolerâncias geométricas – Requisitos de máximo e requisitos de mínimo material	NBR 14646	Define e descreve o princípio de máximo material e especifica a sua aplicação
Desenho técnico - Representação de símbolos aplicados a tolerâncias geométricas – Proporções e dimensões	NBR 14699	Fixa as condições exigíveis de proporções e dimensões para representação gráfica de símbolos de tolerância geométrica em desenho técnico
Desenho técnico – Representação do local de medição de dureza	NBR 14700	Fixa as condições exigíveis para a representação do local de medição de dureza em desenho técnico
Especificações geométricas do produto (GPS) – Rugosidade: Método do perfil – Termos definições e parâmetros da rugosidade	NBRISO 4287	Especifica termos, definições e parâmetros para a determinação do estado da superfície (rugosidade, ondulação e perfil primário).
Documentação técnica de produto – Vocabulário - parte 2.	NBRISO 10209-2	Estabelece e define termos relativos aos métodos de projeção usados na documentação técnica de produto, abrangendo todos os campos de aplicação
Tratamentos térmicos de aço – Terminologia e definições	NBR NM136	Terminologia a definições dos tratamentos térmicos de aços.
Colunas guias	DIN 9825, parte 1	Estabelece padrões de colunas guias.
Buchas	DIN 16752, parte 1	Estabelece padrões de buchas
Buchas de extração	DIN 16757	Estabelece padrões de buchas de extração
Parafuso de fixação	DIN 1530	Estabelece padrões de parafusos de fixação

APÊNDICE K – FERRAMENTAS DE AUXÍLIO À FASE DE PROJETO

K.1. Introdução

Esse Apêndice tem por finalidade apresentar algumas ferramentas desenvolvidas que auxiliam nas atividades na fase de projeto do molde do modelo de referência.

K.2. Leiautes dos componentes injetados no molde

Na Figura K.1 são apresentados alguns leiautes dos componentes injetados no molde de injeção.

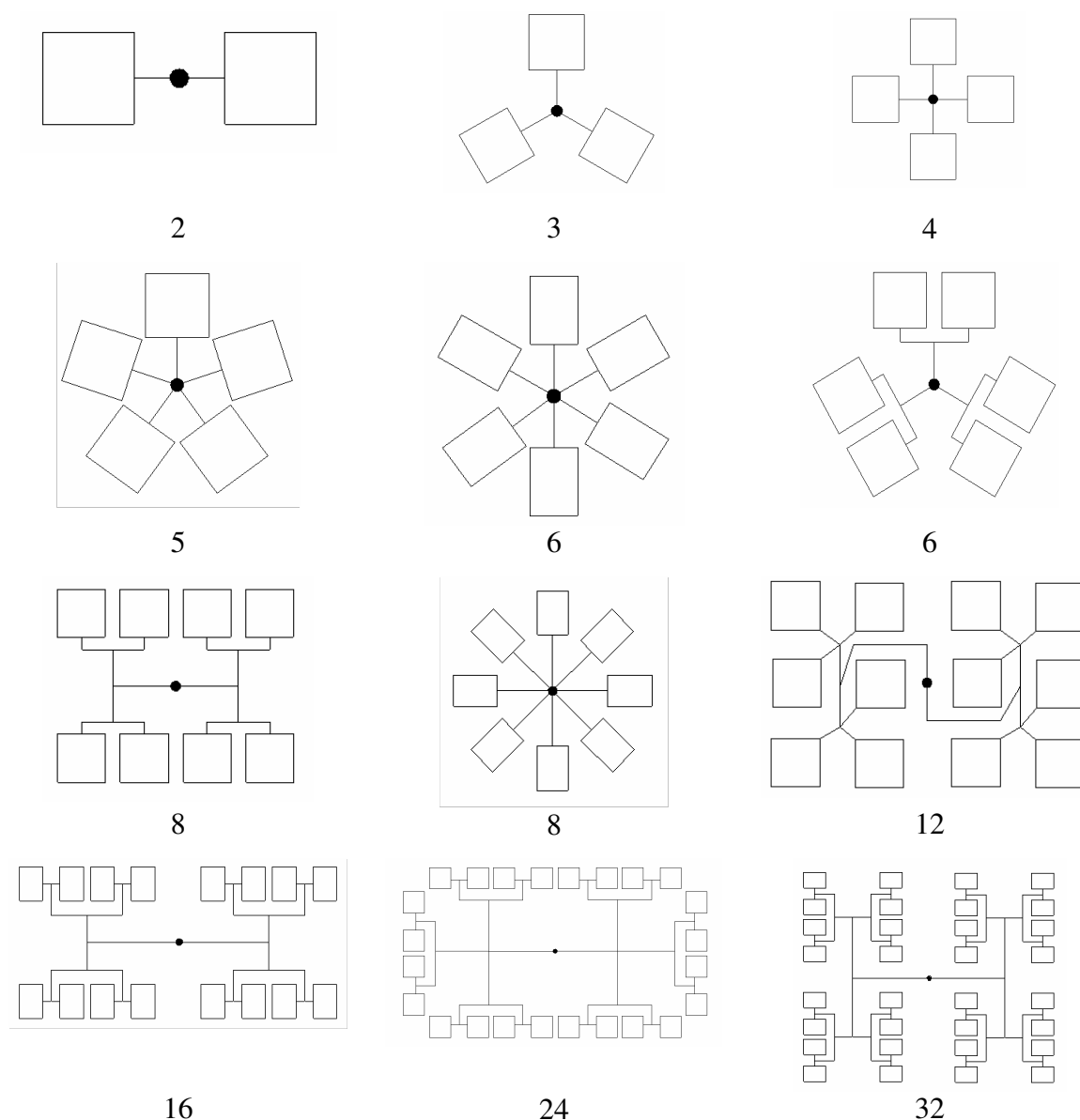


Figura K.1 – Exemplos de leiautes dos componentes injetados no molde e o correspondente número de cavidades

K.2. Recomendações para o projeto preliminar

Para auxiliar no projeto preliminar elaborou-se a Tabela K.1, que contém algumas considerações gerais para o projeto dos sistemas de alimentação e para os canais de entrada, baseadas nos trabalhos de Provenza (1993), Rees (1995), Centimfe (2003), Harada (2004) e Beaumont (2004).

Tabela K.1 – Recomendações para o projeto preliminar do sistema de alimentação (Continua)

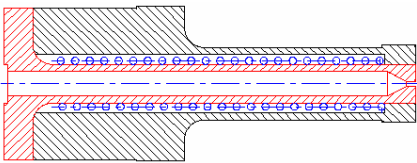
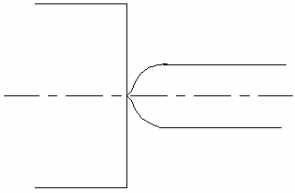
Recomendações gerais para o sistema de alimentação	
<ul style="list-style-type: none"> – prever o canal de entrada na região de maior espessura do componente injetado; – procurar manter o preenchimento da cavidade pelo material polimérico constante; – observar como o fluxo do material se comportará para a previsão de possíveis saídas de gases ou de alteração do canal de entrada; – minimizar ou eliminar o efeito “jetting”; – quando, em componentes que possuem espessuras irregulares e geometrias complexas, poderá haver necessidade de se direcionar o fluxo de preenchimento do material polimérico no momento da injeção. – observar que o canal de entrada deverá ficar na parte móvel do molde (realizar a previsão de ganchos puxadores) ou, em casos de moldes de três placas, ser extraído do componente injetado; – procurar realizar os diâmetros e os comprimentos dos canais de alimentação menores para que a solidificação destes seja em menor tempo, além de resultar em uma menor quantidade de material para a dosagem da máquina injetora; – procurar minimizar a quantidade de canais do sistema de alimentação para que a força de fechamento seja minimizada; – o canal de injeção principal deve possuir forma cilíndrica cônica, com ângulos variando de 2 a 5 graus, com objetivo de facilitar a extração; – considerar para o projeto que o diâmetro de contato do canal principal com a máquina seja maior (em média 1 mm); – o poço frio deverá variar entre 1 e 3 graus e possuir um diâmetro de 1,5 mm maior que o diâmetro final do canal de distribuição; – o poço frio não deve solidificar antes que o material polimérico preencha toda a cavidade do molde; – 	
Canal de entrada	Recomendações específicas
<p>canal quente:</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – utilizar para moldes com múltiplas cavidades; – elimina a utilização de etapas de retirada do canal frio do molde; – não necessita placas flutuantes e extratoras dos canais de alimentação; – reduz a pressão na cavidade do molde; – elimina a reutilização dos canais frios; – quando da utilização desse tipo de sistema, o projeto do canal quente é realizado pela empresa que o vende;
<p>canal frio capilar:</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – canal mais utilizado; – solidifica-se rapidamente após o preenchimento da cavidade pelo material polimérico; – produz marcas quase imperceptíveis no componente, eliminando etapas posteriores de acabamento; – não é recomendável usar materiais viscosos ou sensíveis ao calor; – em virtude da velocidade de entrada do material na cavidade, o material polimérico deve colidir com algum obstáculo a fim de evitar o efeito “jetting”.

Tabela K.1 – Recomendações para o projeto preliminar do sistema de alimentação
(Continuação)

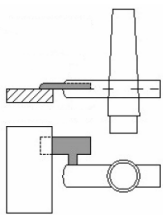
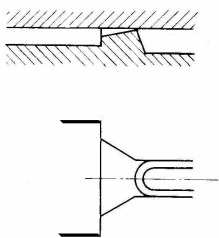
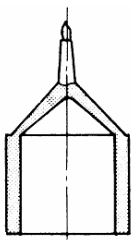
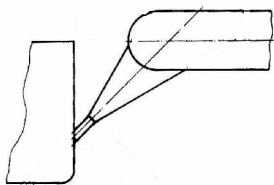
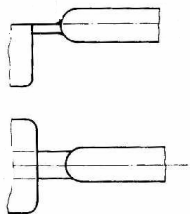
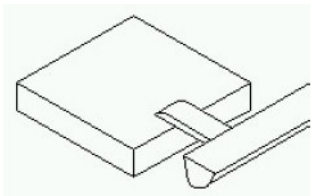
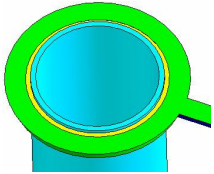
Recomendações gerais para o sistema de alimentação	
<p>canal frio em aba:</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – a espessura da aba deve ser entre 1/2 e 2/3 da espessura do componente injetado; – recomendado no caso de o material polimérico ser acrílico; – prever quando a entrada na aba for capilar e que esteja localizada no meio do canal.
<p>canal frio em leque:</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – a espessura de entrada não deve ser maior que a metade da espessura da parede do componente injetado, recomenda-se utilizar para a espessura do leque 1/3 da espessura do componente;
<p>canal frio em disco:</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – adaptação do canal frio em leque; – se a abertura do componente injetado for maior que 50 mm de diâmetro não utilizar toda a circunferência como entrada; – necessidade de retirada do canal em uma etapa posterior por estampagem ou usinagem; – componente com aberturas superiores a 100 mm utilizar o canal frio submarino com múltiplas entradas.
<p>canal frio submarino</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – similar a do tipo capilar, localizando-se abaixo da linha de fechamento do molde; – esse tipo de canal é retirado do componente injetado quando da abertura do molde; – quase não apresenta marcas de injeção do componente injetado;
<p>canal frio restrito</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – produz marcas pequenas no componente, não necessitando de acabamento posterior; – não utilizar para materiais viscosos; – esse tipo de sistema solidifica rapidamente após o preenchimento da cavidade do molde pelo material polimérico; – o canal de entrada é cortado mais facilmente do componente injetado.
<p>canal frio flash:</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – recomenda-se utilizar a distância entre a cavidade e o canal de distribuição de 0,5 a 0,8 mm, em que a espessura de entrada possui 0,5 mm e a largura varia de acordo com a dimensão do componente injetado; – recomendado para os materiais: PMMA, PSC e PC; – a aba pode ser de forma circular ou quadrangular.

Tabela K.1 – Recomendações para o projeto preliminar do sistema de alimentação
(Continuação)

Canal de entrada	Recomendações específicas
<p data-bbox="427 286 641 313">canal frio em anel:</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="810 286 1422 342">– utilizado em peças cilíndricas com a entrada na lateral, sendo de fácil retirada.

Na Tabela K.2 são descritas segundo Provenza (1993), Rees (1995), Centimfe (2003), Harada (2004) e Beaumont (2004), as considerações gerais e específicas para o projeto do sistema de refrigeração.

Tabela K.2 – Recomendações para o projeto preliminar do sistema de refrigeração (Continua)

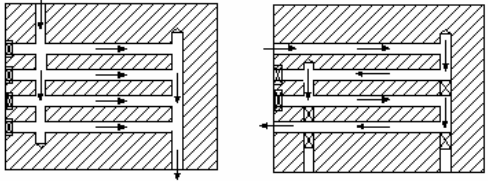
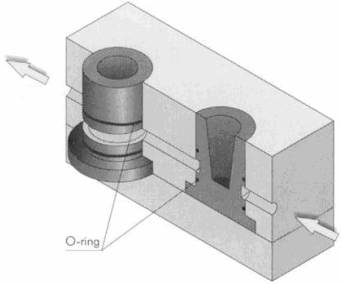
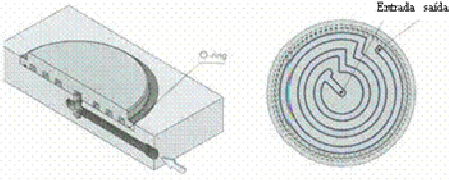
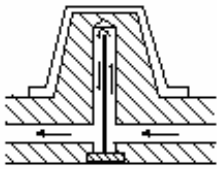
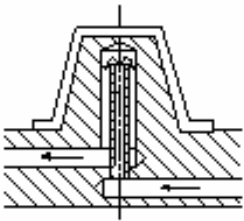
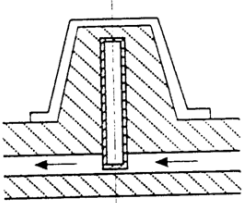

Recomendações gerais para o sistema de refrigeração	
<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="242 902 1034 929">– sempre procurar considerar a uniformidade da refrigeração no molde; <li data-bbox="242 936 1072 963">– prever que os circuitos de refrigeração sejam independentes e simétricos; <li data-bbox="242 969 1193 996">– ser localizado ao longo do perfil do componente injetado para uma maior eficiência; <li data-bbox="242 1003 1422 1059">– cuidar para que o curso do circuito de refrigeração não seja longo, pois as variações maiores que 5°C não são aconselháveis, visto que a uniformidade da refrigeração no molde será prejudicada; <li data-bbox="242 1066 1062 1093">– numerar todos os circuitos de refrigeração para facilitar a identificação; <li data-bbox="242 1099 1422 1155">– as conexões de entrada e saída do molde devem estar do mesmo lado e normalmente na parte posterior da máquina, a fim de não restringir os movimentos do operador; <li data-bbox="242 1162 1422 1218">– prever as ligações do sistema de controle de temperatura com componentes normalizados, preferencialmente do tipo rápido; 	
Tipo de refrigeração	Recomendações específicas
<p data-bbox="450 1317 577 1344">Em linha</p>  <p data-bbox="252 1563 470 1585">Canais de refrigeração paralelos</p> <p data-bbox="523 1563 737 1585">Canais de refrigeração em série</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="810 1317 1422 1373">– método mais utilizado, em virtude da facilidade de fabricação e de eficiência térmica; <li data-bbox="810 1379 1422 1525">– procurar manter distância mínima de 15 mm em relação ao componente injetado, para prevenir a solidificação do sistema de alimentação, e uma distância entre os canais de 2.5 a 3.5 vezes o diâmetro os canais de refrigeração; <li data-bbox="810 1532 1422 1615">– não prever a refrigeração na direção dos cantos arredondados, pois isso aumentará o efeito da concentração de tensão.
<p data-bbox="481 1630 603 1657">Circular</p>  <p data-bbox="427 1915 466 1937">O-ring</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="810 1630 1422 1686">– obtido por meio da usinagem de um canal ao redor do inserto; <li data-bbox="810 1693 1422 1809">– para cavidades extremamente profundas, pode-se utilizar esse tipo de sistema fazendo camadas de furos de refrigeração para compensar a profundidade da peça.

Tabela K.2 – Recomendações para o projeto preliminar do sistema de refrigeração
(Continuação)

Tipo de refrigeração	Recomendações específicas
<p>Tipo serpentina ou helicoidal</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – pode ser utilizado em qualquer geométrica, desde que tenha espaço interno; – de acordo com a dimensão da bucha, esse tipo de refrigeração poderá ser completado com um circuito em espiral em seu fundo; – podem-se utilizar também componentes-padrão, disponíveis no mercado, que variam de 12 a 50 mm.
<p>Lâmina ou <i>baffle</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> – também conhecido como refrigeração com lâmina separadora; – utilizado em casos onde há pouco espaço para a realização de um canal de subida e outro de descida, como, por exemplo, em geometrias cilíndricas; – deve ser perpendicular ao furo de passagem, fazendo com que o fluido de refrigeração suba por um lado e desça pelo outro.
<p>Cascata ou <i>bubbler</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> – empregado principalmente quando se pretende levar a refrigeração em um ponto que, em virtude da falta de espaço, seja impossibilitada a inserção de um canal de subida e outro de retorno, como, por exemplo, em geometrias do tipo cilíndricas; – de mais complexa fabricação, contudo é mais eficiente que a refrigeração do tipo <i>baffle</i>; – recomenda-se que a soma dos diâmetros dos canais de subida e descida (d) ocupem a ordem de 70% do espaço total disponível internamente (D), ou seja, $d=0,7D$.
<p>Pino térmico</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – utilizado para um componente injetado com dimensões internas reduzidas; – comercialmente variam entre 2 a 12 mm de diâmetro e de 25 a 250 mm de comprimento;
<p>Adaptado ao contorno do componente</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – recomendado para componentes com geometria pequenas e complexas; – a forma do canal será semelhante a geometria do componente injetado; – alto custo de fabricação;

Na Tabela K.3 com base em Provenza (1993), Rees (1995), Centimfe (2003), Harada (2004) e Beaumont (2004), são descritas as recomendações gerais e específicas para o projeto do sistema de extração.

Tabela K.3 – Recomendações para o projeto preliminar do sistema de extração (Continua)

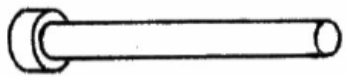
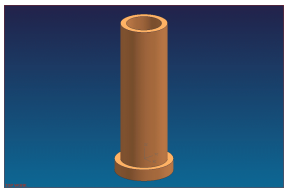

Recomendações gerais para o sistema de extração	
<ul style="list-style-type: none"> – verificar para que ocorra uma melhor extração se o componente injetado estiver no lado móvel do molde no momento da abertura; – verificar a posição do sistema de extração da máquina injetora, para que se possa decidir pela sua utilização direta na placa extratora ou não; – procurar maximizar o diâmetro dos pinos para uma área de contato maior para que a extração ocorra sem marcas e deformações; – maximizar o número de extratores sem alteração do sistema de refrigeração; – os pinos extratores deverão atuar de forma uniforme e suave no movimento de extração; – procurar considerar 6 cm² para cada 600 cm² de área de contato lateral do componente injetado; – utilizar a máquina injetora para o acionamento do sistema de extração. – usar sempre quatro colunas-guia para a placa extratora e evitar a colocação destas nas áreas moldantes; – deve-se evitar o contato da placa extratora com a placa base inferior, é preciso prever pequenos encostos entre ambas; – utilizar ajustes entre os pinos extratores e as buchas de H7-g6; – o comprimento do extrator deve ser tal que possibilite a retirada do componente injetado da cavidade do molde; – observar se poderão existir regiões do molde que interfiram na saída e retirada do componente injetado da cavidade do molde; – em máquinas que possuem o sistema de extração hidráulico, devem-se utilizar conectores com rosca para ligação do sistema; – procurar sempre usar o sistema de retorno que não seja acionado por molas; – sempre que possível utilizar extratores com seção circular, a fim de diminuir custos de fabricação e desgastes prematuros. 	
Tipo de extração	Recomendações específicas
<p>Placa impulsora por pinos</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – procurar utilizar o pino de extração do tipo cabeça plana, pois oferece maior firmeza e segurança;
<p>Placa impulsora por camisa</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – realizar os tratamentos de cementação e têmpera na bucha cilíndrica que servirá de guia para esse tipo de extrator, e a bucha também deverá ser retificada. – para reduzir o atrito quando o pino extrator for de menor dimensão, aumenta-se o diâmetro interno da camisa. – caso a espessura do componente injetado for delgada, deve-se utilizar a extração com uma camisa escalonada.
<p>Placa impulsora por lâmina</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – em virtude da pequena espessura das lâminas, é preciso fabricá-las com o aço cromo-níquel, que deve ser cementado, temperado e retificado; – observar para que esse extrator tenha contato apenas com a nervura do componente injetado, evitando o contato com outras partes do molde, pois, por causa de sua pequena espessura, poderá danificar-se;

Tabela K.3 – Recomendações para o projeto preliminar do sistema de extração (Continuação)

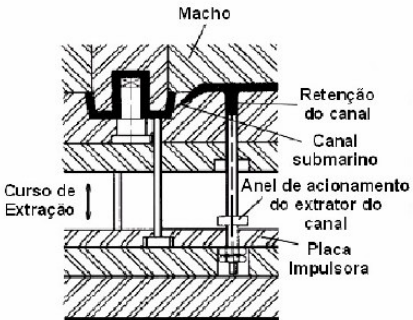
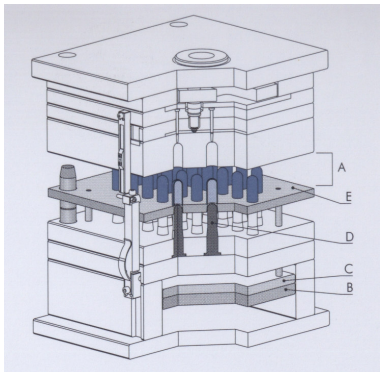
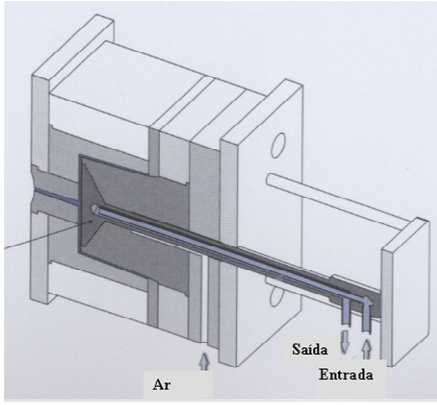
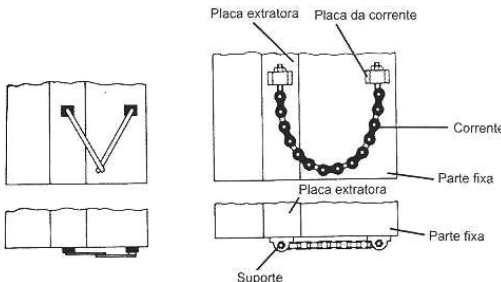
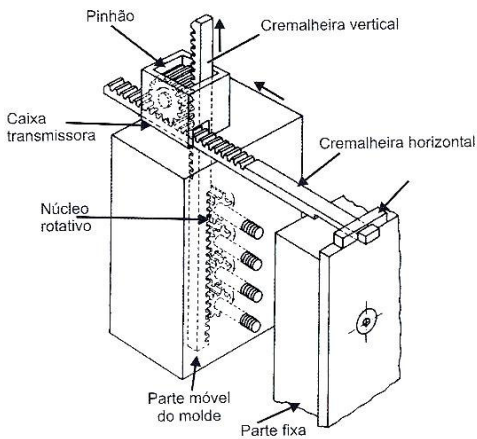
Tipo de extração	Recomendações específicas
<p style="text-align: center;">Ação retardada</p>  <p>Macho Retenção do canal Canal submarino Anel de acionamento do extrator do canal Placa Impulsora Curso de Extração</p>	<ul style="list-style-type: none"> – procura-se prever a ação dos extratores retardada, do mesmo lado que o ponto de injeção, para que o canal de injeção seja retirado automaticamente do componente injetado;
<p style="text-align: center;">Placa extratora</p>  <p>A E D C B</p>	<ul style="list-style-type: none"> – aplicada quando a área de extração do componente injetado for uma aresta de canto vivo; – prever que o pino-guia e a bucha-guia sejam cementados, temperados e retificados na placa; – utilizar entre a placa extratora e o macho uma folga mínima de 0,25 mm com um ângulo mínimo de 5°, para evitar atrito entre os dois; – OBS: durante o processo, o molde é aberto de acordo com a partição A, enquanto o componente injetado fica na bucha D; quando a distância de extração é suficiente, as placas B e C avançam, e com isso a placa extratora E retira o componente injetado do molde;
<p style="text-align: center;">Ar comprimido</p>  <p>Extrator de válvula Ar Saída Entrada</p>	<ul style="list-style-type: none"> – introduzir o ar no ponto mais afastado da linha de contato de tal forma que separe definitivamente o componente injetado do molde, antes que possa haver o escape do ar; – pode-se utilizar para eliminar o vácuo produzido durante o processo entre o componente injetado e o molde, como o caso do exemplo ao lado; – devem-se utilizar válvulas de aço cromo-níquel cementado, temperado e retificado, que operam com a introdução do ar; – para eliminar as arestas vivas, deve-se realizar um rebaixo na válvula de aproximadamente 0,5mm.
<p style="text-align: center;">Tirante ou correntes</p>  <p>Placa extratora Placa da corrente Corrente Parte fixa Placa extratora Parte fixa Suporte</p>	<ul style="list-style-type: none"> – são colocadas nas laterais do molde e suportam cargas de até 2000 kgf; – os tirantes devem ser de aço de baixo teor de carbono, e sua forma pode ser de barra chata ou cilíndrica;

Tabela K.3 – Recomendações para o projeto preliminar do sistema de extração (Continuação)

Tipo de extração	Recomendações específicas
<p style="text-align: center;">Núcleo rotativo</p> 	<p>– pode ser realizado por cremalheira ou pinhão, engrenagens helicoidais e por parafusos sem fim, como no exemplo.</p>

Na Tabela K.4 observam-se algumas recomendações gerais para o detalhamento de cada um dos componentes do molde, segundo Provenza (1993) e Centimfe (2003).

Tabela K.4 – Recomendações para o projeto detalhado dos componentes do molde (Continua)

Componente do molde	Recomendações
Placa base superior e inferior	– verificar o padrão da máquina do cliente para não haver erros de projeto;
Placa porta cavidade	– prever a correta estrutura de fechamento para que não ocorra rebarbas no componente injetado;
Espaçador	– considerar o curso de extração, a dimensão dos extratores para o correto dimensionamento;
Placa extratora	– definir corretamente as tolerâncias para que não ocorram folgas;
Contra-placa extratora	– verificar se a rosca para fixação do cilindro está no padrão da máquina;
Coluna-guia	<p>– prever que uma das quatro colunas-guia seja deslocada ou que possua dimensão diferente das demais, com a finalidade de garantir a montagem do molde em uma única posição;</p> <p>– a utilização das colunas na forma escalona facilita a sua lubrificação, aumentando a sua vida útil;</p> <p>– especificar o tratamento térmico e de superfície correto para que não haja danos durante o fechamento do molde;</p> <p>– especificar com atenção as tolerâncias para que não ocorra desgaste prematuro.</p>
Bucha-guia	<p>– prever a utilização de material com maior dureza, com a finalidade de se evitar desgastes, podendo ser confeccionada com o mesmo material que o utilizado na coluna-guia;</p> <p>– prever uma baixa tolerância nas dimensões entre a bucha e a coluna-guia,</p> <p>– pode-se reduzir o desgaste entre a coluna e a bucha-guia com a previsão de sulcos para lubrificação;</p>
Suporte pilar	– verificar o espaço que poderá ser alocado o suporte, bem como as dimensões do componente injetado para a determinação do número de suportes;

Tabela K.4 – Recomendações para o projeto detalhado dos componentes do molde
(Continuação)

Componente do molde	Recomendações
Encosto-padrão	especificar o paralelismo desse componente para que não haja problemas com a placa extratora;
Anel de centragem	– verificar a dimensão no bico de injeção da máquina injetora para que não ocorra erro de projeto e ocasione incapacidade de realização do processo de injeção ou de elevado <i>setup</i> de produção;
Bucha de injeção	<ul style="list-style-type: none"> – prever uma baixa rugosidade para que o material polimérico escoe sem problemas; – realizar a previsão de atenção para que não ocorram chanfros na bucha de injeção no lado de contato com o bico injetor da máquina; – em caso de canal frio, foi prevista a retenção deste na parte móvel do molde.
Outras considerações	
<ul style="list-style-type: none"> – em caso de necessitar de corrente de extração, prever folga suficiente entre as correntes de extração para retirar a peça através delas sem dificuldades; – considerar parafusos para transporte do molde; – identificar o molde com a dimensão, peso e cliente; – caso houver câmara quente, realizar a sua identificação; – identificar todos os demais componentes, bem como a trava de segurança; – realizar o detalhamento da fixação do molde, com as dimensões compatíveis com os furos roscados das placas da máquina injetora; – prever o correto tratamento térmico para cada componente; – para o transporte, moldes com massa acima de 1000 kg deverão possuir furos para a colocação dos olhais em todas as placas; – prever barras de segurança com parafusos para manter o molde fechado, devendo ser localizado no lado do molde com acesso do operador; – a fixação convencional do molde na máquina injetora é a mais usual e é realizada pelo aperto manual dos grampos de fixação. Nesse caso, em moldes de grandes dimensões, é interessante prever um anel de centragem extra para o lado móvel do molde; – a fixação por baioneta é outra opção e adequada para máquinas de injeção com forças de fechamento de até 300 toneladas (3000 KN). Nesse caso, o anel de centragem do molde deve ser adaptado. A vantagem desse tipo de fixação é que os moldes são facilmente posicionados e fixos à máquina com o auxílio de apenas um anel de centragem e por simples movimento de alavanca; – pode-se também utilizar a fixação automática do molde, através de garras hidráulicas (indicada para forças de fechamento de até 5.000 toneladas) e por blocos magnéticos, eliminando a previsão de geometrias no molde para fixação; – recomenda-se realizar raios com maior e melhor acabamento, em especial em aços com dureza maior de 50 HRC (raio mínimo de 0,7 mm) e nas peças que serão temperadas (raio mínimo de 3 mm), com a finalidade de reduzir a concentração de tensões; – não utilizar acessórios roscados em aço, mas em latão, especialmente em componentes do molde temperados; – prever sobremedida entre as operações de usinagem, como por exemplo: 0,4 mm de material deve ser considerado para operações que precedem a retífica e 1,5 mm para operações anteriores ao tratamento térmico que necessitam posteriormente de operações de fresamento e retífica; – recomenda-se a previsão do alívio de tensões nos componentes do molde nos seguintes casos: i) após a usinagem de desbaste nos componentes que serão temperados e cementados, ii) após operações de eletroerosão de desbaste, caso não seja realizada a operação de acabamento, iii) após operações de soldagem, iv) após a operação de retificação. 	

APÊNDICE L – QUESTIONÁRIO PARA A AVALIAÇÃO DO MODELO DE REFERÊNCIA

L.1. Introdução

Esse Apêndice tem por finalidade apresentar o questionário elaborado para a realização da avaliação por profissionais do setor de moldes e por especialistas da área de moldes, gerenciamento e de desenvolvimento de produtos.

L.2. Questionário

Na seqüência é apresentado o questionário que os profissionais e especialistas responderam.

AVALIAÇÃO DO MODELO DE REFERÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE MOLDES DE INJEÇÃO ³³

Carlos M. Sacchelli, M. Eng.
Pesquisador – NeDIP-UFSC
carlos.sacchelli@gmail.com

Objetivo da Pesquisa

Esta pesquisa visa avaliar o modelo de referência para o desenvolvimento integrado de moldes de injeção de termoplásticos. Solicita-se aos especialistas a atribuição das notas de 0 (não atende) a 4 (atende totalmente), para os critérios sugeridos na tabela. Comentários, opiniões e sugestões quanto ao modelo, poderão ser realizadas ao final.

Experiência profissional do avaliador: _____

Graduação: _____

Pós-Graduação: _____

³³ A entrevista foi realizada em agosto de 2007, como atividade prevista na tese de Doutorado de Carlos M. Sacchelli.

Cr�terios de avalia�o	Quest�es Anotar as respostas com um "X"	Atende totalmente (4)	Atende em muitos aspectos (3)	Atende parcialmente (2)	Atende poucos aspectos (1)	N�o atende (0)
Abrang�ncia	1- O modelo abrange as �reas de conhecimento necess�rias ao desenvolvimento de moldes de inje�o					
	2- O modelo abrange os processos necess�rios ao desenvolvimento de moldes?					
Representa�o	3- O modelo representa adequadamente a realidade do desenvolvimento de moldes de inje�o?					
	4- A forma de representa�o do modelo, suas fases, atividades, m�todos e ferramentas s�o facilmente entendidos?					
Profundidade	5- O n�vel de detalhamento do modelo, em suas fases e atividades, � suficientemente adequado para orientar o desenvolvimento de moldes de inje�o?					
Clareza	6- O modelo apresenta-se logicamente estruturado quanto as fases e atividades para o desenvolvimento de moldes de inje�o?					
Consist�ncia	7- O fluxo de informa�es entre as fases do desenvolvimento encontra-se adequadamente especificado?					
Aplicabilidade	8- O modelo se aplica as necessidades das empresas fabricantes de moldes?					
	9- O modelo pode ser empregado para o desenvolvimento de diferentes tipos de moldes de inje�o, realizando algumas adapta�es?					
Conte�do	10- O modelo possui conte�do suficiente para a realiza�o da contrata�o do desenvolvimento de moldes de inje�o?					
	11- O modelo possui conte�do suficiente para a realiza�o do gerenciamento do desenvolvimento de moldes de inje�o?					
	12- O modelo possui conte�do suficiente para a realiza�o do projeto de moldes de inje�o?					
	13- O modelo possui conte�do suficiente para a realiza�o da fabrica�o de moldes de inje�o?					
	14- O modelo possui conte�do suficiente para a realiza�o dos ensaios de moldes de inje�o?					

Cr�terios de avalia�o	Quest�es Anotar as respostas com um "X"	Atende totalmente (4)	Atende em muitos aspectos (3)	Atende parcialmente (2)	Atende poucos aspectos (1)	N�o atende (0)
Flexibilidade	15- O modelo permite modifica�es para inserir outras fases, atividades, m�todos ou ferramentas para atender objetivos n�o previamente definidos?					
Benef�cios	16- O modelo poder� auxiliar no cumprimento dos prazos de desenvolvimento do molde?					
	17- O modelo poder� auxiliar na redu�o dos custos no desenvolvimento do molde?					
	18- O modelo poder� auxiliar no controle da qualidade no desenvolvimento do molde?					
	19- O modelo poder� auxiliar na utiliza�o mais eficiente dos recursos internos e externos dispon�veis para o fabricante de moldes?					
Coment�rios e sugest�es:						

APÊNDICE M – DEFEITOS NO PROCESSO DE INJEÇÃO

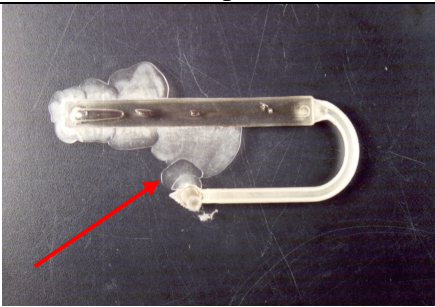
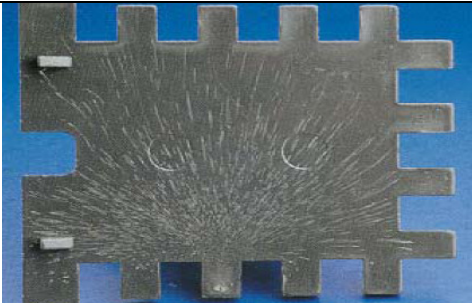
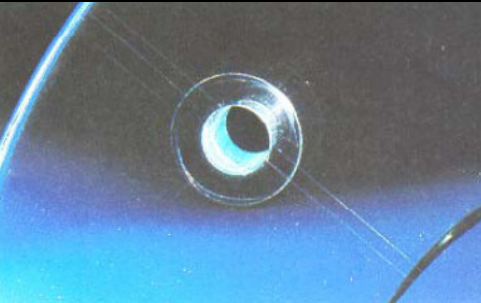
M.1. Introdução

Esse Apêndice tem por finalidade apresentar alguns dos defeitos que podem ocorrer nos componentes injetados durante o processo de injeção.

M.2. Defeitos de fabricação

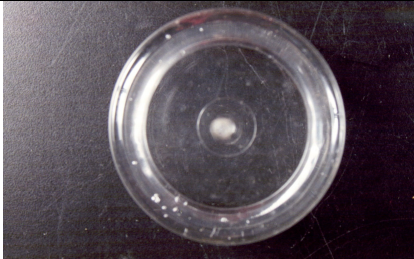
Os principais defeitos que surgem no componente injetado durante o processo de injeção de termoplásticos são relacionados na Tabela M.1, de acordo com Centimfe (2003) e Sancho (2005)³⁴.

Tabela M.1 – Principais defeitos nos componentes injetados durante o processo de injeção – Adaptado de Centimfe (2003) e Sancho (2005) (Continua)

	<p style="text-align: center;">Rebarbas</p> <p>São excessos de materiais que aparecem junto à linha de separação das placas cavidades.</p> <p>Ocorre quando o material fundido é forçado para fora das cavidades passando através das linhas de separação do molde</p>
	<p style="text-align: center;">Manchas devido a umidade</p> <p>As manchas originadas pela umidade aparecem na superfície da peça moldada em forma similar a da cauda de cometa. A superfície que rodeia as manchas prateadas é pequena, porosa e rugosa.</p>
	<p style="text-align: center;">Linhas de solda</p> <p>Também denominada de solda fria, ocorre quando frentes de enchimento que possuem direções opostas se encontram. Essas linhas são indesejáveis, pois, afetam a durabilidade e a aparência da peça.</p>

³⁴ Sancho, A. Seminário Internacional de componentes injetados. Joinville, 2005.

Tabela M.1 – Principais defeitos no componente injetado durante o processo de injeção - Adaptado de Centimfe (2003) e Sancho (2005) (Continuação)

	<p style="text-align: center;">Jetting ou Jato livre</p> <p>Ocorre quando a frente de fluxo possui uma velocidade muito elevada ou quando o material possui uma temperatura baixa, prejudicando o seu fluxo. Quando as cavidades do molde aumentam de dimensão durante o caminho de preenchimento do matéria, este defeito também pode ocorrer</p>
	<p style="text-align: center;">Delaminação ou esfoliação</p> <p>Pode ocorrer devido a taxa de cisalhamento muito elevada durante o processo de injeção</p>
	<p style="text-align: center;">Marca de queimadura</p> <p>Ocorre, se o material fundido se danifica termicamente devido a temperaturas muito elevadas ou tempos de resistência muito longos, originando decomposições visíveis na superfície</p>
	<p style="text-align: center;">Bolhas de ar</p> <p>São pequenas bolhas de ar dispersas em seções espessas do componente injetado. Podem aparecer também próximas às paredes</p>
	<p style="text-align: center;">Rechupe</p> <p>Ocorre no processo de resfriamento em regiões onde a contração do material não pode ser compensada de alguma maneira, mais especificamente em locais onde as espessuras ou ressaltos são elevados</p>