

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS  
E PROCESSOS INDUSTRIAIS – PPGSPI**

**Emanuel Sari**

**DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE UMA MÁQUINA ARMADORA DE PINOS  
DE BOLICHE ASSISTIDOS POR CABOS COM MOVIMENTOS INDEPENDENTES**

**Santa Cruz do Sul**

**2012**

Emanuel Sari

**DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE UMA MÁQUINA ARMADORA DE PINOS  
DE BOLICHE ASSISTIDOS POR CABOS COM MOVIMENTOS INDEPENDENTES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas e Processos Industriais.

Orientador: Prof. Dr. Rolf Fredi Molz

Coorientador: Prof. Dr. Adilson Ben da Costa

Santa Cruz do Sul

2012

Emanuel Sari

**DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE UMA MÁQUINA ARMADORA DE PINOS  
DE BOLICHE ASSISTIDOS POR CABOS COM MOVIMENTOS INDEPENDENTES**

Esta dissertação foi submetida ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas e Processos Industriais.

*Dr. Rolf Fredi Molz*

Professor Orientador – UNISC

*Dr. Adilson Ben da Costa*

Professor Coorientador - UNISC

*Dr. Elpidio Oscar Benitez Nara*

Professor examinador - UNISC

*Dr. Eugênio de Oliveira Simonetto*

Professor examinador - UFSM

Santa Cruz do Sul

2012

*“A imaginação é mais importante que o conhecimento. O conhecimento é limitado. A imaginação envolve o mundo.”*

*Albert Einstein*

*Dedico este trabalho a minha mãe Marlene,  
aos meus irmãos Ornella e Augusto e aos  
meus avós e padrasto que já partiram,  
Bernardo, Elda e Vitor.*

## AGRADECIMENTOS

À empresa Imply Tecnologia Eletrônica Ltda, pela oportunidade cedida para a execução do trabalho, por todos os recursos que foram disponibilizados para o desenvolvimento do projeto e pelo custeio do curso de pós-graduação.

A todos os colaboradores da Imply Tecnologia Eletrônica Ltda, que de uma forma ou de outra me ajudaram no projeto, mas agradeço em especial aos colegas, Ederson Posselt, Egídio Petry, Henrique Schewmgber, Olírio Klein e Rafael Zingler.

À minha namorada Priscila, pelo incentivo que me destes e a compreensão que tivês nos momentos de ausência para a conclusão deste trabalho.

Ao meu primo Gabriel, que auxiliou na cronometragem dos tempos que foram utilizados nas análises de simulação de processos de um sistema de boliche da Imply<sup>®</sup>.

Ao meu orientador, Professor Dr. Rolf Fredi Molz e ao meu coorientador, Professor Dr. Adilson Ben da Costa, pelas orientações que foram dadas.

## RESUMO

Neste ambiente atual de globalização, grande competitividade, rápidas mudanças tecnológicas e diminuição do ciclo de vida dos produtos, têm forçado as empresas tornarem seus processos de negócios mais ágeis, produtivos, para superarem os desafios impostos pelo mercado e conseguir sobreviver. O Processo de Desenvolvimento de Produto – PDP tem se tornado foco de competição entre as organizações, onde atualmente já não basta mais só ter formalizado este processo na empresa, mas que seja um processo eficiente e eficaz. Alguns métodos como *Design for Assembly – DFA*, *Design for Manufacturability – DFM*, entre outros *Design for X – DFX* e ferramentas como *Computer Aided Design – CAD* e *Computer Aided Manufacturing – CAM*, podem ajudar a tornar o PDP mais eficiente. Na bibliografia são encontradas diversas metodologias sobre o processo de desenvolvimento de produtos, porém elas são muito semelhantes, compostas por uma sequência de atividades que devem ser seguidas para se chegar ao objetivo final, um novo produto ou serviço. Não existe uma metodologia de PDP específica para cada tipo de empresa, tem-se que modelar conforme os recursos e capacidades de cada empresa.

**Palavras-chaves:** Processo de desenvolvimento de produtos, Máquina armadora de pinos de boliche.

## ABSTRACT

In this current environment of globalization, highly competitive, fast-changing technologies and reduction in product life cycle, companies are forced to make their business process more agile, productive, to overcome the challenges posed by the market and survive. The product development process – PDP has become a focus of competition between organizations, nowadays it is no longer enough having this process formalized in the company, it must be an efficient and effective process. Some methods such as *Design for Assembly – DFA*, *Design for Manufacturability – DFM*, among others *Design for X – DFX* and computational tools such as *Computer Aided Design – CAD* e *Computer Aided Manufacturing – CAM*, may help the PDP becoming more efficient. In literature several methods are found about product development process, but they are very similar, consisting of a series of activities that must be followed to reach the final objective, a new product or service. There is no specific methodology of PDP to a certain type of company, it should be applied according the resources and capabilities of the company.

**Keywords:** Product development process, pinsetter machine.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Principais componentes de um par de pistas de boliche .....	19
Figura 2 – <i>Pinboys</i> .....	20
Figura 3 – Máquina Armadora de Pinos de Boliche Assistidos por Cabo Switch .....	21
Figura 4 – Máquina Armadora de Pinos Livres modelo A.....	22
Figura 5 – Máquina Repositora de Pinos de Boliche da <i>Imply</i> <sup>®</sup> .....	23
Figura 6 – Máquina Armadora de Pinos Livres <i>Xima</i> .....	24
Figura 7 – Fluxograma do modelo simulado no <i>software Arena</i> .....	26
Figura 8 – Linha do tempo modelo/autor do PDP de 1962 a 2006 .....	34
Figura 9 – Diagrama de fluxo de sete estágios para o PDP.....	34
Figura 10 – Ciclo de desenvolvimento de produto.....	35
Figura 11 – Modelo Unificado do Processo de Desenvolvimento de Produto.....	36
Figura 12 – MRP instalada sobre mesa estabilizadora .....	46
Figura 13 – Planejamento estratégico da <i>Imply</i> <sup>®</sup> .....	55
Figura 14 – Estrutura de Decomposição do Trabalho do projeto MACMI.....	60
Figura 15 – Cronograma das principais atividades do projeto MACMI.....	60
Figura 16 – Mapa de Retorno do projeto MACMI.....	62
Figura 17 – Ciclo de vida da MACMI com definição dos seus clientes .....	66
Figura 18 – Função total da MACMI .....	71
Figura 19 – Desdobramento da função total da MACMI.....	71
Figura 20 – Princípios de solução para as funções da MACMI .....	71
Figura 21 – Vista em perspectiva da arquitetura de alternativa de solução 1 da MACMI.....	73
Figura 22 – Vista em perspectiva da arquitetura de alternativa de solução 2 da MACMI.....	73
Figura 23 – Vista em perspectiva da arquitetura de alternativa de solução 3 da MACMI.....	74
Figura 24 – Vista em perspectiva da arquitetura de alternativa de solução 4 da MACMI.....	74
Figura 25 – Vista em perspectiva da arquitetura de alternativa de solução 5 da MACMI.....	75
Figura 26 – Vista em perspectiva da arquitetura de alternativa de solução 6 da MACMI.....	76
Figura 27 – Vista em perspectiva do protótipo da arquitetura de solução 6 da MACMI.....	77
Figura 28 – Vista em perspectiva da arquitetura de alternativa de solução 7 da MACMI.....	78
Figura 29 – Vista em perspectiva da arquitetura de alternativa de solução 8 da MACMI.....	78
Figura 30 – Vista em perspectiva do modelo de concepção final da MACMI .....	80
Figura 31 – Vista em perspectiva frontal do protótipo final da MACMI.....	81

Figura 32 – Estrutura para testes do protótipo.....	83
Figura 33 – Vista em perspectiva do volume total da estrutura principal da MACMI .....	85
Figura 34 – Vistas frontal, superior e lateral do conjunto de um pino da MACMI .....	87
Figura 35 – Volume de transporte de dois conjuntos de pinos de boliche da MACMI .....	88
Figura 36 – Vistas frontal, traseira, superior, inferior, direita e esquerda da MACMI .....	89

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores da taxa de ocupação e o gasto ocupado e ocioso das máquinas.....	27
Tabela 2 – Tempo médio dos processos.....	27
Tabela 3 – Tempo de espera e número de espera na fila das MRP pista 1 e 2.....	28
Tabela 4 – Dimensões e volume dos principais conjuntos da MRP.....	43
Tabela 5 – Massa dos principais conjuntos da MRP.....	43
Tabela 6 – Etapas de manuseio da MRP com a respectiva quantidade de pessoas necessárias para execução .....	45
Tabela 7 – Periodicidade e o custo das manutenções da MRP.....	47
Tabela 8 – Custos de transporte da MRP para algumas capitais brasileiras.....	48
Tabela 9 – Custo de transporte da MRP para algumas capitais estrangeiras .....	49
Tabela 10 – Parâmetros elétricos e gasto de energia em uso e sem uso da MRP.....	53
Tabela 11 – Equipe do projeto.....	56
Tabela 12 – Colaborados da equipe de projeto com seus respectivos papéis.....	57
Tabela 13 – <i>Checklist</i> do escopo do produto .....	57
Tabela 14 – <i>Checklist</i> do escopo do projeto .....	59
Tabela 15 – Análise das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças do projeto .....	61
Tabela 16 – Orçamento de execução das atividades do projeto .....	62
Tabela 17 – Indicadores de desempenho do projeto .....	63
Tabela 18 – <i>Checklist</i> dos critérios de avaliação da fase de planejamento do projeto .....	65
Tabela 19 – Requisitos dos clientes da MACMI.....	67
Tabela 20 – Requisitos da MACMI.....	68
Tabela 21 – Especificações meta da MACMI.....	69
Tabela 22 – <i>Checklist</i> dos critérios de avaliação da fase do projeto informacional.....	70
Tabela 23 – Alternativas de solução para as principais funções da MACMI .....	72
Tabela 24 – Dimensões e volume dos principais conjuntos da MACMI.....	85
Tabela 25 – Massa dos principais conjuntos da MACMI .....	86
Tabela 26 – Custos de transporte da MACMI para algumas capitais brasileiras .....	91
Tabela 27 – Custo de transporte da MACMI para algumas capitais estrangeiras.....	91
Tabela 28 – Parâmetros elétricos e consumo de energia em uso (recolhimento e reposição), sem uso, e valor médio em uso do conjunto para um pino da MACMI.....	93
Tabela 29 – Volume dos principais conjuntos da MRP e MACMI .....	94

Tabela 30 – Massa dos principais conjuntos da MRP e MACMI.....	94
Tabela 31 – Número de componentes da MRP e MACMI .....	95
Tabela 32 – Etapas de manuseio da MRP e MACMI com a respectiva quantidade de pessoas necessárias para execução .....	95
Tabela 33 – Periodicidade e o custo das manutenções da MRP e MACMI.....	96
Tabela 34 – Custos de transporte da MRP e MACMI para algumas capitais brasileiras.....	97
Tabela 35 – Custo de transporte da MRP e MACMI para algumas capitais estrangeiras.....	97
Tabela 36 – Consumo de energia em uso (recolhimento e reposição), sem uso, e valor médio em uso da MRP e MACMI.....	99
Tabela 37 – Número de pinos acertados na primeira jogada, e a diferença do consumo de energia da MACMI em relação à MRP .....	99
Tabela 38 – Número de pinos repostos, e a diferença do consumo de energia da MACMI em relação à MRP .....	100

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>ABS</i>	<i>Acrylonitrile butadiene styrene</i>
ANNEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
Art	Artigo
<i>CAD</i>	<i>Computer Aided Design</i>
<i>CAM</i>	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CE	Comunidade Européia
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
<i>CNC</i>	<i>Computer Numeric Control</i>
CPU	Unidade Central de Processamento
<i>DFA</i>	<i>Design for Assembly</i>
<i>DFM</i>	<i>Design for Manufacturability</i>
<i>DFMA</i>	<i>Design for Manufacturing and Assembly</i>
<i>DFR</i>	<i>Design for Recycling</i>
<i>DFS</i>	<i>Design for Service</i>
<i>DFX</i>	<i>Design for X</i>
EDT	Estrutura de Decomposição do Trabalho
FOFA	Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças
IMPLY	Imply Tecnologia Eletrônica Ltda
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
MAB	Máquina Aceleradora de Bolas
MAL	Máquinas Armadoras de Pinos de Boliche Livres
MEB	Máquina Elevadora de Bolas
<i>MDF</i>	<i>Medium Density Fiberboard</i>
MRP	Máquina Repositora de Pinos Imply®
$P_{MMP}$	Potência de Motor da Máquina Repositora de Pinos Imply®
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PCI	Placa de Circuito Impresso
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produto
PEC	Planejamento Estratégico da Corporação
PEN	Planejamento Estratégico do Negócio

PEP	Planejamento Estratégico de Produtos
SACI	Serviço de Atendimento ao Cliente Imply®
SV	Software de gerenciamento empresarial da Imply®
<i>SWOT</i>	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats</i>
UNFPA	Fundo de População das Nações Unidas
<i>WBS</i>	<i>Working Breakingdown Structure</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

A	Ampére
AC	Corrente alternada
cm	Centímetro
°C	Graus celsius
DC	Corrente contínua
g	Grama
h	Hora
I	Corrente elétrica
kg	Kilogramas
kW	Kilowatt
kWh	kilowatt-hora
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
m <sup>3</sup>	Metros cúbico
mA	Miliampére
mm	Milímetro
mV	Milivolt
R\$	Moeda corrente nacional
R\$/h	Reais por hora
s	Segundo
U	Tensão elétrica
V	Volt
W	Watt
%	Porcentagem
'	Pé

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
1.1 Tema.....	19
1.2 Problema.....	22
1.3 Justificativa.....	25
1.4 Hipótese.....	28
1.5 Objetivos.....	29
1.5.1 Objetivo geral.....	29
1.5.2 Objetivos específicos.....	30
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	31
2.1 Processo de Desenvolvimento de Produto – PDP.....	31
2.1.1 Definições do PDP.....	31
2.1.2 Características do PDP.....	32
2.1.3 Tipos de PDP.....	33
2.1.4 Modelos de PDP.....	33
2.2 Modelagem, simulação de processos e suas ferramentas de simulação.....	38
3 DESENVOLVIMENTO.....	39
3.1 Metodologia.....	39
3.2 Recursos.....	40
3.3 Documentação.....	41
3.3.1 Termo de confidencialidade com a ImPLY Tecnologia Eletrônica Ltda.....	42
3.3.2 Solicitação de sigilo do projeto para coordenação do PPGSPI.....	42
3.4 Levantamento, tratamento e simulação dos dados da MRP da ImPLY®.....	42
3.4.1 Dimensões e volumes da MRP.....	42
3.4.2 Massa da MRP.....	43
3.4.3 Número de componentes da MRP.....	43
3.4.4 Manuseio da MRP.....	44
3.4.5 Segurança da MRP.....	45
3.4.6 Manutenção da MRP.....	46
3.4.7 Custos da MRP.....	47
3.4.8 Tempo médio de reposição dos pinos da MRP.....	49
3.4.9 Tempo padrão de montagem da MRP.....	50



3.4.10 Consumo de energia elétrica da MRP .....	52
3.5 Projeto da MACMI.....	53
3.5.1 Pré-desenvolvimento .....	54
3.5.1.1 Planejamento estratégico de produto.....	54
3.5.1.2 Planejamento do projeto .....	55
3.5.1.2.1 Classificação do projeto e adaptação do modelo de referência .....	56
3.5.1.2.2 Definição dos interessados no projeto.....	56
3.5.1.2.3 Definição do escopo do produto.....	57
3.5.1.2.4 Definição do escopo do projeto .....	58
3.5.1.2.5 Detalhamento do escopo do projeto .....	59
3.5.1.2.6 Cronograma das atividades do projeto .....	60
3.5.1.2.7 Avaliação dos riscos do projeto.....	61
3.5.1.2.8 Orçamento do projeto .....	61
3.5.1.2.9 Viabilidade econômica do projeto.....	62
3.5.1.2.10 Indicadores de desempenho do projeto .....	63
3.5.1.2.11 Plano de comunicação do projeto.....	63
3.5.1.2.12 Planejamento e preparação das aquisições do projeto.....	64
3.5.1.2.13 Plano de projeto .....	64
3.5.1.2.14 Avaliação e aprovação da fase de planejamento do projeto.....	64
3.5.2 Desenvolvimento .....	65
3.5.2.1 Projeto informacional .....	66
3.5.2.1.1 Detalhamento do ciclo de vida da MACMI e definição de seus clientes.....	66
3.5.2.1.2 Identificação dos requisitos dos clientes da MACMI.....	67
3.5.2.1.3 Definição dos requisitos da MACMI .....	67
3.5.2.1.4 Definição das especificações meta da MACMI .....	69
3.5.2.1.5 Avaliação e aprovação da fase de projeto informacional.....	70
3.5.2.2 Projeto conceitual .....	70
3.5.2.2.1 Modelagem funcional da MACMI .....	70
3.5.2.2.2 Desenvolvimento de princípios de solução para as funções da MACMI.....	71
3.5.2.2.3 Desenvolvimento de alternativas de solução para a MACMI .....	72
3.5.2.2.4 Definição da arquitetura da MACMI.....	73
3.5.2.2.5 Análise dos sistemas, subsistemas e componentes da MACMI.....	79
3.5.2.3 Protótipo e testes.....	80
3.5.2.3.1 Execução do protótipo .....	80

3.5.2.3.2 Desenvolvimento do <i>software</i> para testar protótipo.....	81
3.5.2.3.3 Testes do protótipo .....	83
3.6 Levantamento dos dados da MACMI.....	84
3.6.1 Dimensões e volumes da MACMI .....	84
3.6.2 Massa da MACMI .....	85
3.6.3 Número de componentes da MACMI .....	86
3.6.4 Manuseio da MACMI.....	87
3.6.5 Segurança da MACMI.....	88
3.6.6 Manutenção da MACMI.....	90
3.6.7 Custos da MACMI .....	90
3.6.8 Tempo médio de reposição dos pinos da MACMI.....	91
3.6.9 Tempo de montagem da MACMI .....	92
3.6.10 Consumo de energia elétrica da MACMI.....	93
3.7 Comparação da MRP com a MACMI .....	93
4 CONCLUSÃO .....	101
REFERÊNCIAS .....	105
ANEXO A – TABELA DOS TEMPOS DOS PROCESSOS CRONOMETRADOS .....	108
ANEXO B – FIGURA COM HISTOGRAMAS E SUAS RESPECTIVAS EXPRESSÕES DOS 8 PROCESSOS.....	111
ANEXO C – TERMO DE CONFIDENCIALIDADE E CESSÃO DE DIREITOS DE PROPRIEDADE INTELECTUAL .....	112
ANEXO D – SOLICITAÇÃO DE SIGILO DO PROJETO DE PESQUISA PARA COORDENAÇÃO PPGSPI .....	115
ANEXO E – PLANILHA CÁLCULO TEMPO PADRÃO MONTAGEM MRP.....	116
ANEXO F – TABELA PARA AVALIAÇÃO DO FATOR DE RITMO.....	117
ANEXO G – TERMO DE ABERTURA DE PROJETO – MINUTA DE PROJETO.....	118
ANEXO H – <i>CHECKLIST</i> PARA OBTENÇÃO DE REQUISITOS DE PRODUTO.....	119
ANEXO I – <i>CHECKLIST</i> DO ESCOPO DO PROJETO.....	121
ANEXO J – TABELA DA LISTA DE PEÇAS E CUSTO DA MACMI PARA O CONJUNTO DE UM PINO DE BOLICHE .....	122
ANEXO K – TABELA DOS TEMPOS DE SUBIDA, DESCIDA E TEMPO TOTAL DE CICLO DA MACMI CRONOMETRADOS .....	124
ANEXO L – HISTOGRAMAS E SUAS RESPECTIVAS EXPRESSÕES DO TEMPO DE SUBIDA, DESCIDA E DE REPOSIÇÃO DO PINO DA MACMI.....	127

## 1 INTRODUÇÃO

O diferencial competitivo de uma organização de manufatura, numa economia globalizada, está diretamente relacionado com a capacidade de introduzir novos produtos ao mercado, com um custo, qualidade e desempenho condizentes com as exigências requeridas pelos clientes.

No ambiente atual de globalização, grande competitividade, internacionalização das operações e rápidas mudanças tecnológicas, exigem-se das empresas agilidade, produtividade e alta qualidade, que dependem necessariamente da eficiência e eficácia do processo de desenvolvimento de produto (MUNDIM, 2002).

Segundo dados do relatório sobre a situação da população mundial de 2010, do Fundo de População das Nações Unidas – UNFPA, a população total mundial é de 6,9 bilhões de pessoas, com uma projeção de 9,15 bilhões de pessoas para o ano de 2050. Com base nestes dados, pode-se concluir que após cada ano a população mundial terá um acréscimo, influenciando diretamente o consumo de produtos e serviços.

Com a globalização dos mercados, as empresas ganham cada vez mais novos concorrentes, onde para sobreviver neste ambiente, às empresas necessitam na maioria das vezes reverem seus conceitos de projetos e produtos.

Neste ambiente intenso e dinâmico, o processo de desenvolvimento de produtos tem aumentado a cada dia, e vem se tornando o foco principal de competição entre as organizações.

Segundo pesquisa realizada em maio de 2009 pela *Octagon Worldwide*, 49% dos brasileiros busca o entretenimento, a diversão para fugir do estresse do dia a dia. O entretenimento é o conjunto de atividades que o ser humano pratica sem outra utilidade senão o prazer. Os centros de entretenimento são uma boa opção para se divertir, por serem geralmente lugares seguros, possuem estacionamento, e possuem várias opções de diversão, entre elas o boliche.

Segundo dados do Índice Brasileiro de Centros de Boliche, atualmente existem 272 centros de boliche com 2087 pistas instaladas no Brasil, distribuídas praticamente em só 13 dos 27 estados brasileiros, porque o restante dos estados tem somente um, dois ou nenhum centro de boliche. A cidade de São Paulo é a recordista em número de centros de boliche, seguida pelos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Rio de Janeiro. A empresa Kopp® está em primeiro lugar no ranking de centros de boliche, seguida pelas empresas Imply®, Brunswick, Qubica AMF, Sedel, Volmer e Logus, respectivamente.

Analisando os dados do parágrafo anterior, pode-se verificar que o boliche tem um mercado promissor ainda por muitos anos no Brasil, em virtude de muitos estados brasileiros possuírem pouco ou nenhum centro de boliche, pelo crescimento das vendas de pistas de boliche da empresa *Imply*<sup>®</sup>, tanto no mercado nacional como no internacional e pela reposição de máquinas dos centros existentes, que com o passar dos anos vão sucateando.

A opção de disponibilização da dissertação foi parte parcial do texto, onde o capítulo escolhido para apresentação foi o referencial teórico.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste capítulo são apresentados dois tópicos, o processo de desenvolvimento de produto e simulação de processos com suas ferramentas de simulação, onde este último é apresentado de forma bem superficial, devido não ser o assunto alvo do projeto.

### **2.1 Processo de Desenvolvimento de Produto – PDP**

Nesta seção do trabalho são apresentados alguns tópicos relacionados com o processo de desenvolvimento de produto, onde foi descrito conceitos de diferentes autores, características e tipos de PDP, finalizando com a apresentação de algumas metodologias de PDP.

#### **2.1.1 Definições do PDP**

O processo de desenvolvimento de produtos é uma série de atividades planejadas, coordenadas e controladas, com o objetivo de transformar uma ideia de produto em um produto pronto (MACHADO, 2008).

Segundo Ulrich & Eppinger (2000), citado por Takahashi (2007), diz que o processo de desenvolvimento de produto é uma ordem de atividades utilizadas pelas empresas, para conceber, desenvolver e comercializar um produto.

Transformar uma oportunidade de mercado em produtos economicamente viáveis para a empresa, através de um conjunto de atividades utilizado pela empresa para criar produtos, pode ser definido como um processo de desenvolvimento de produto (KAMINSKI, 2000).

Rozenfeld et al. (2006), diz que o processo de desenvolvimento de produto é um conjunto de atividades pré-estabelecidas, onde através destas busca-se as oportunidades do mercado e clientes para se chegar às especificações de um produto e do processo de manufatura, para que a produção tenha informações suficientes para produzi-lo. O PDP também compreende atividades de acompanhamento do produto após o lançamento, para realizar mudanças caso haja necessidade, finalizando com a atividade de descontinuar o produto no mercado.

O processo de desenvolvimento de produtos, é definido como a passagem do abstrato (ideias, requisitos dos clientes), para algo tangível, concreto, físico, o produto propriamente dito (TAKAHASHI, 2007).

De modo geral, o desenvolvimento de produto é um processo realizado pela maioria das empresas, porém muitas vezes ele não é definido dentro da corporação, sendo compreendido por uma sequência de atividades planejadas, que envolve vários setores da empresa, com o objetivo de criar um produto ou serviço que atenda as necessidades dos clientes ou do mercado.

### **2.1.2 Características do PDP**

Para Kaminski (2000), Mundim (2002), Rozenfeld et al. (2006), e Takahashi (2007) as principais características que diferenciam o PDP de outros processos de negócio são:

- Grande quantidade de atividades e informações para manipular;
- Alto grau de incertezas e risco das atividades e resultados;
- Decisões importantes devem ser tomadas no início do processo, quando as incertezas são ainda maiores;
- Mudanças devem ser feitas no início do projeto, onde o custo de desenvolvimento é ainda pequeno;
- As atividades básicas do PDP seguem um ciclo de projetar, construir, testar e otimizar;
- A apresentação do projeto normalmente é feita por meio de desenhos, esboços, maquetes e/ou protótipos;
- Relacionamento com a maioria dos setores da empresa, impactando num bom planejamento e gerenciamento das atividades, pessoas, recursos materiais, e financeiros;
- Cada projeto possui suas particularidades, problemas, tornando a atividade de desenvolvimento de produto não rotineira, diferente do que acontece nos processos de produção, comercial, financeiro, entre outros;
- Possui relacionamento com diversos aspectos globais, como: aspectos econômicos, técnicos, financeiros, administrativos, jurídicos, do meio ambiente, entre outros.

### 2.1.3 Tipos de PDP

A classificação dos projetos de desenvolvimento de produto pode ser realizada por diversos critérios, porém a classificação mais comum utilizada é referente ao grau de mudanças que o projeto representa em relação a projetos anteriores. Os tipos de projeto de desenvolvimento de produto segundo a classificação de Rozenfeld et al. (2006) são:

- Projetos radicais – são aqueles que necessitam de alterações significativas no projeto do produto, podendo estabelecer novos produtos para empresa, através da incorporação de novas tecnologias;
- Projetos plataforma ou próxima geração – são aqueles que normalmente sofrem alterações significativas no projeto do produto, porém sem o uso de tecnologias e materiais novos, mas apresentando um sistema novo de solução para o cliente, e podendo ser a próxima geração de um produto;
- Projetos incrementais ou derivados – são os projetos que sofrem pequenas alterações em relação aos projetos já existentes, desenvolvidos geralmente para redução de custos e alterações de processos;
- Projetos *follow-source* (seguir a fonte) – são aquele que vem da matriz ou da outra unidade da empresa, não necessitando de alterações significativas, somente adequando os processos e ferramental, para que ele possa ser produzido;
- Projetos de pesquisa avançada – são os projetos que objetivam gerar conhecimento para futuros projetos, vindos geralmente de desenvolvimento comercial, e não possuem objetivos de curto prazo, assim, não se trata de um projeto de desenvolvimento de produto, mas de uma pesquisa avançada.

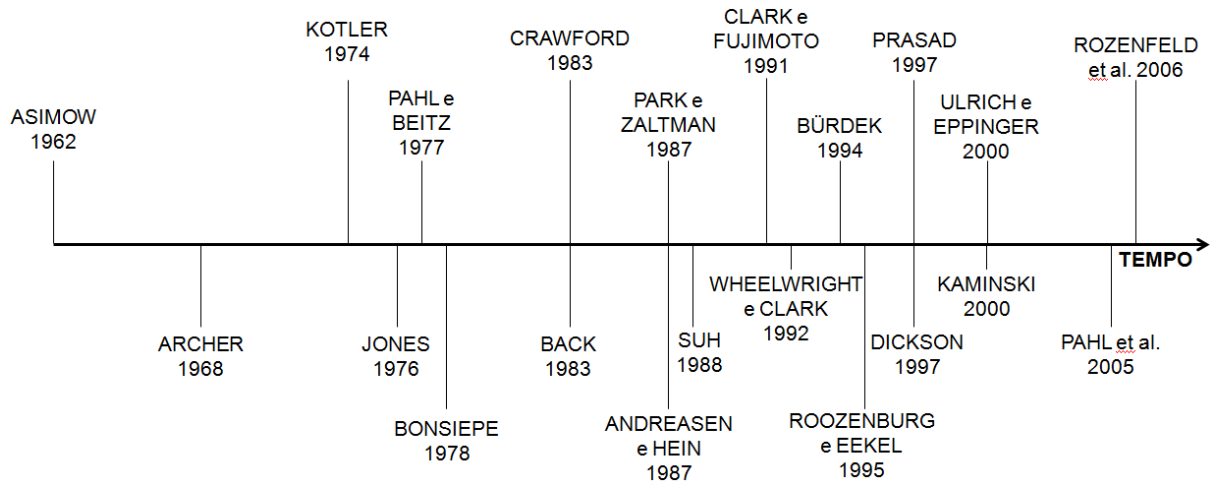
### 2.1.4 Modelos de PDP

Modelos de processos de desenvolvimento de produtos, ou também chamado de metodologias de PDP, são um conjunto de etapas, fases, com o objetivo de transformar oportunidades de mercado em especificações técnicas para a fabricação de um novo produto (JUNG et al., 2009).

Na literatura são encontradas várias metodologias de PDP, onde diversos autores desenvolveram seus trabalhos em épocas muito próximas ou paralelas, assim, muitas destas são semelhantes, diferenciando-se apenas nos termos utilizados para as fases ou atividades, ou

ainda no detalhamento destas (MAFFIN, 1998 citado por MELLO, 2008). A Figura 8 apresenta numa linha de tempo, vinte e um modelos de PDP, com seus respectivos autores e anos que foram criados.

**Figura 8 – Linha do tempo modelo/autor do PDP de 1962 a 2006**



Fonte: figura elaborada pelo autor a partir de informações recolhidas modelo/autor Jung et al., (2009).

Para a maioria dos autores, o PDP é dividido em fases, compondo uma sequência de passos, atividades, estágios, que devem ser realizados, para se chegar ao objetivo final, o produto ou serviço. Existem diversas divisões de fases de PDP propostas por vários autores como: Cooper (1983), Clark e Fujimoto (1991), Wheelwright e Clark (1992), Baxter (1998), Ulrich e Eppinger (2000) e Rozenfeld et al. (2006), onde estas são apresentadas a seguir para cada um dos modelos defendidos pelos autores.

O modelo de PDP proposto por Cooper (1983) citado por Machado (2008), é composto de sete estágios e tem como objetivo principal oferecer uma representação sequencial e básica para as atividades de desenvolvimento de novos produtos. As fases ou estágios deste modelo são apresentados na Figura 9.

**Figura 9 – Diagrama de fluxo de sete estágios para o PDP**



Fonte: figura elaborada pelo autor a partir de informações recolhidas do diagrama de fluxo de sete estágios para o PDP proposto por Cooper (1983), citado por Machado (2008).



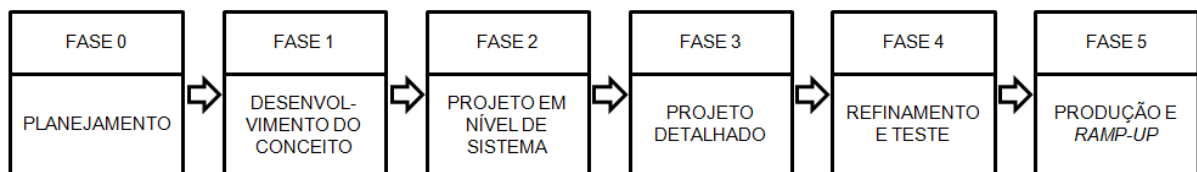
Para Clark e Fujimoto (1991) e Wheelwright e Clark (1992) citado por Mundim (2002), o modelo de PDP proposto por eles é composto por cinco fases, sendo elas:

- Conceito – esta fase envolve o levantamento dos requisitos do cliente, informações sobre concorrentes, tecnologias, riscos, entre outros, além da definição do preço, características e funcionalidade do produto;
- Planejamento do produto – é a fase onde o conceito do produto é desmembrado em termos de especificações do projeto, resultando no estilo, *layout*, e escolhas técnicas;
- Engenharia do produto – transforma as informações das duas fases anteriores em um projeto específico e detalhado do produto, envolvendo a criação de protótipo e testes;
- Engenharia do processo – definição das máquinas, ferramental, recursos para a fabricação do produto;
- Produção piloto – onde se realiza os primeiros exemplares do produto para testes, e a realização de acertos finais no processo produtivo.

Baxter (1998), definiu seu modelo de PDP em seis atividades, sendo elas: oportunidade de negócio, especificações do projeto, projeto conceitual, projeto de configuração, projeto detalhado e projeto para fabricação.

Para Ulrich e Eppinger (2000), citado por Machado (2008), o modelo de PDP proposto por eles também é dividido em seis fases sequenciais, conforme apresentado na Figura 10.

**Figura 10 – Ciclo de desenvolvimento de produto**



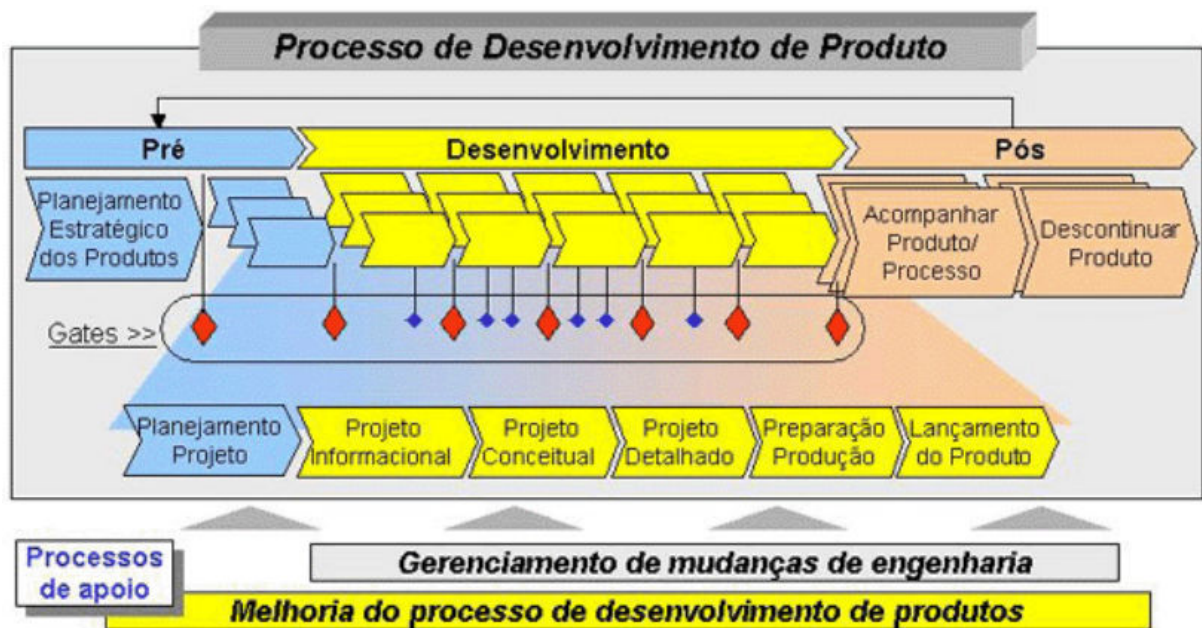
Fonte: figura elaborada pelo autor a partir de informações recolhidas do ciclo de desenvolvimento de produtos proposto por Ulrich e Eppinger (2000), citado por Machado (2008).

O modelo desenvolvido por Rozenfeld et al. (2006), denominado Modelo Unificado de PDP, foi o modelo escolhido para o desenvolvimento do projeto da MACMI, em virtude da disponibilidade bibliográfica, por ser um modelo atual, estruturado em fases e atividades de fácil entendimento, e por apresentar diversos métodos e ferramentas de apoio que podem ser utilizadas em cada uma de suas atividades.

Numa visão ampla, o modelo proposto por Rozenfeld et al. (2006) é dividido em três macrofases, onde estas são subdivididas em nove fases compostas de diversas atividades. A Figura 11 apresenta o modelo unificado do processo de desenvolvimento de produto, onde:

na macrofase de Pré-desenvolvimento estão as fases de Planejamento Estratégico dos Produtos e Planejamento do Projeto; na macrofase de Desenvolvimento estão as fases de Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Detalhado, Preparação para a Produção e Lançamento do Produto; e na macrofase de Pós-desenvolvimento estão as fases de Acompanhar Produto/Processo e Descontinuar Produto.

**Figura 11 – Modelo Unificado do Processo de Desenvolvimento de Produto**



Fonte: Modelo unificado do processo de desenvolvimento de produto proposto por Rozenfeld et al (2006), disponível em <<http://www.pdp.org.br/ModeloLivroWeb/modelo/visao.htm>>. Acesso em: 05 de abr. 2012,

Segundo Rozenfeld et al. (2006), as fases do PDP são descritas da seguinte forma:

- Planejamento estratégico dos produtos – geralmente realizada pelos membros da diretoria, onde o objetivo principal é a definição de qual o projeto será desenvolvido, onde isto é formalizado através de um documento chamado minuta de projeto;

- Planejamento do projeto – é elaborado a partir da minuta de projeto, onde são definidos os interessados do projeto, o escopo do produto e projeto, o cronograma das atividades e sequência, são feitas as análises de riscos e viabilidade econômica do projeto, entre outros, e por fim cria-se um plano de projeto a partir destas informações;

- Projeto informacional – a partir do plano de projeto, cria-se um conjunto de informações chamadas de especificações meta do produto, que definem as características que o produto deverá ter para atender os requisitos dos clientes;

- Projeto conceitual – a partir das especificações meta do produto, o produto é modelado funcionalmente sendo descrito de forma abstrata, independente de seus princípios

físicos. Após cria-se alternativas de soluções para as funções, onde a partir de uma destas define-se a arquitetura do produto, concepção do produto;

- Projeto detalhado – a partir da concepção do produto, dá-se continuação a fase do projeto conceitual, onde se desenvolve e finaliza todas as especificações do produto, para serem encaminhadas a produção e as outras fases do desenvolvimento;

- Preparação da produção – esta fase se realiza a produção do lote piloto, a definição dos processos de produção e manutenção, com o objetivo de obter o produto;

- Lançamento do produto – esta fase envolve as atividades da cadeia de suprimentos relacionadas à colocação do produto no mercado, que são os desenhos dos processos de venda e distribuição, atendimento ao cliente e assistência técnica e as campanhas de marketing;

- Acompanhar produto/processo – garantir o acompanhamento do desempenho do produto na produção e no mercado, identificando necessidades ou oportunidades de melhorias e garantindo que a retirada cause o menor impacto possível aos consumidores, empresa e meio ambiente;

- Descontinuar produto – nesta fase determina-se o encerramento da produção, a preparação do recebimento do produto, e verifica-se a questão das assistências técnicas.

Não há um consenso na literatura para a definição das fases do processo de desenvolvimento de produto, porém na maioria delas existe uma fase de criação do conceito, planejamento, detalhamento e finalmente revisão e testes (TAKAHASHI, 2007).

A utilização de um modelo de PDP é um diferencial competitivo para as empresas atualmente, pois ele torna o trabalho mais claro, definido, através de passos e fases que devem ser seguidas para que o objetivo seja conquistado, o produto ou serviço (MUNDIM, 2002; OLIVEIRA, 2002).

Segundo Rozenfeld et al. (2006), métodos como *Design for Manufacturability – DFM*, *Design for Assembly – DFA*, *Design for Manufacturing and Assembly – DFMA*, *Design for Recycling – DFR*, *Design for Service – DFS* e *Design for Storage and Distribution* entre outros *DFXs – Design For X*, e ferramentas como *Computer Aided Design – CAD* e *Computer Aided Manufacturing – CAM*, são importantes meios utilizados para apoiar a realização das atividades do PDP, tornando o processo de desenvolvimento de produto mais eficiente e com maior qualidade.

## 2.2 Modelagem, simulação de processos e suas ferramentas de simulação

Modelos de processos de negócios representam segundo Davenport (1993), uma ordenação específica das atividades de trabalho no tempo e no espaço, com um começo, um fim, e entradas e saídas claramente identificadas: uma estrutura para a ação.

Saliby (1999), diz que a simulação consiste no processo de construção de um modelo que replica o funcionamento de um sistema real ou idealizado (ainda a ser construído) e na condução de experimentos computacionais com este modelo, com o objetivo de melhor entender o problema em estudo, testar diferentes alternativas para sua operação e assim propor melhores formas de operá-lo.

Uma simulação pode ser contínua ou discreta. Na contínua, as variáveis do sistema têm valores variáveis ao longo do tempo. Já na discreta, as variáveis do sistema têm valores definidos apenas em instantes de tempo nos quais ocorrem eventos.

Segundo Carson (2005), todas as atividades de modelagem devem ser focadas no objetivo a ser atingido. Frequentemente, o problema pode ser desconhecido ou pouco entendido e a formulação inicial do problema pode ser declarada em termos de sintomas observados.

Dentre as principais ferramentas de simulação encontradas na literatura, segundo Saliby (1999), são destacadas: *AutoMod*, *ARENA*, *ARIS Business Simulator*, *Extend*, *GPSS H*, *iThink*, *Micro Saint*, *MS Excel*, *ProModel*, *Simul8*, *TAYLOR Iib*, *VisSim*.

O *software ARENA Simulation*, da empresa *Rockwell*, é uma ferramenta especialista em simulação, onde a modelagem é feita visualmente com objetos orientados à simulação e pode ser realizada com o auxílio do mouse, não necessitando serem digitados comandos na lógica (programação). Foi escolhida esta ferramenta para as etapas de simulação de processos, devido sua disponibilidade nos Laboratórios da UNISC. Uma ferramenta adicional que o *software ARENA* possui é o *Input Analyser*, que faz a análise dos dados de entrada, gera o histograma, os valores mínimo e máximo, a média e o desvio padrão das amostras.

## REFERÊNCIAS

- BARNES, Ralph Mosser. *Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho*. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.
- BAXTER, M. *Projeto de Produto: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos*. 1ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1998.
- BRASIL, Decreto-Lei n. 6.514, de 22 de dezembro de 1977. Consolidação das Leis do Trabalho Acadêmica, São Paulo: Saraiva, 2003.
- CARSON II, J. S. *Introduction to Modeling and Simulation*. Proceedings of the 2005 winter simulation conference, 2005.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. *Metodologia Científica*. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. *Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry*. Boston, Mass.: Harvard Business School Press, 1991.
- CLARK, K. B.; WHEELRIGHT, S. C. *Managing new product development: texts and cases*. Boston: Harvard Business Review Book, 1992.
- COOPER, R. T. *A process model for industrial new product development*. IEEE Transactions on Engineering Management, v. EM-30, n. 1, Feb. 1983.
- DAVENPORT, T.H. *Process Innovation*. Harvard Business School Press. Boston, 1993.
- FONSECA, A. J. H. *Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional*. 2000. Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.
- GOMES FERREIRA, M. G. *Utilização de modelos para a representação de produtos no projeto conceitual*. 1997. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.
- HISTÓRIA DO BOLICHE. Disponível em: <<http://www.boliche.com.br/historia.htm>>. Acessado em: 01 set. 2010.
- HOUSE, C. H. & PRICE, R. L. *The return map: tracking product teams*. *Harvard Business Review*. p.92-100, jan.-fev. 1991.
- IMPLY TECNOLOGIA ELETRÔNICA LTDA - Imply®. *Banco de dados de desenhos*. Santa Cruz do Sul, 2010.
- JUNG, C. F. et al., *Análise estrutural e síntese das características lineares e sistêmicas de modelos de desenvolvimento de produto*. Anais. VIII SEPROSUL – Semana de Engenharia de

Produção Sul-Americana. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v.9, n. 12, p 108-109. Jan./jun. 2009.

KAMINSKI, C. P. *Desenvolvendo Produtos com Planejamento, Criatividade e Qualidade*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000.

MACHADO, M.C.; TOLEDO, N.N. *Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos: uma abordagem baseada na criação de valor*. São Paulo: Atlas, 2008.

MAFFIN, D. *Engineering design models: context, theory and practice*. Journal of Engineering Design, v. 9, n. 4, 1998.

MELLO, E. B. *Processo de desenvolvimento do produto em empresas de uma cadeia automotiva: um estudo comparativo*. 2008. Dissertação de Mestrado em Administração – Universidade de Caxias do Sul, 2008.

MIKESEARCH. Disponível em: <<http://www.okokchina.com/files/uppic13/Bowling%20pinsetter434.jpg>>. Acessado em: 23 set. 2010

MUNDIN, A. P. F. *Desenvolvimento de Produtos e Educação Corporativa*. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2002.

OLIVEIRA, A.C. *Estudo de metodologias de projeto com vistas ao desenvolvimento integrado de produtos industriais*. 2002. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica – Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PUGH, S. *Total design – integrated methods for successful product engineering*. Massachusetts: Addison Wesley, 1990.

ROZENFELD, H. et al. *Gestão de desenvolvimento de produtos – uma referência para a melhoria do processo*. Editora Saraiva, São Paulo, 2006.

RUIZ, J. A. *Metodologia Científica*. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 1996.

SALIBY, E. *Tecnologia de Informação: uso da simulação para obtenção de melhorias em operações logísticas*. Revista Tecnológica, 1999.

SANTOS, A. R. *Metodologia Científica: a construção do conhecimento*. 3ª ed. Rio de Janeiro. DP&A Editora, 2000.

SWITCH BOWLING INTERNACIONAL. Disponível em: <http://www.bowlinginternational.com/bowling/>. Acessado em: 07 dez. 2010.

TAKAHASHI, S.; TAKAHASHI, V.P. *Gestão de Inovação de Produtos*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

ULRISH, K. & TUNG, K. *Fundamentals of product modularity*. Issues in Design Manufacture/Integration, ASME, 1991.

ULRICH, K.; EPPINGER, S. *Product design and development*. Nova York: Irwin MCGraw-Hill, 2000.

UNFPA. Relatório sobre a situação da população mundial de 2010. Disponível em: <[http://www.unfpa.org.br/swop2010/swop\\_2010\\_web.pdf](http://www.unfpa.org.br/swop2010/swop_2010_web.pdf)>. Acessado em: 22 nov. 2010.

WIKIPÉDIA. Boliche. Disponível em: < <http://pt.wikipedia.org/wiki/Boliche>>. Acesso em: 01 set. 2010.

XIMABOWLING. Disponível em: <<http://www.ximabowling.com/english/pic/002.gif>>. Acessado em: 26 nov. 2010.