

"A FEA e a USP respeitam os direitos autorais deste trabalho. Nós acreditamos que a melhor proteção contra o uso ilegítimo deste texto é a publicação online. Além de preservar o conteúdo motiva-nos oferecer à sociedade o conhecimento produzido no âmbito da universidade pública e dar publicidade ao esforço do pesquisador. Entretanto, caso não seja do interesse do autor manter o documento online, pedimos compreensão em relação à iniciativa e o contato pelo e-mail bibfea@usp.br para que possamos tomar as providências cabíveis (remoção da tese ou dissertação da BDTD)."

**ENGENHARIA SIMULTÂNEA: UMA
COMPARAÇÃO ENTRE AS ABORDAGENS
“POINT-BASED” E “SET-BASED”**

ALCEU SALLES CAMARGO JÚNIOR

Tese apresentada ao Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Administração.

ORIENTADOR: PROF. DR. ABRAHAM SIN OIH YU

São Paulo, maio de 2003

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Publicações e Divulgação do SBD/FEA/USP

Camargo Júnior, Alceu Salles

Engenharia simultânea: uma comparação entre as abordagens point-based e set-based / Alceu Salles Camargo Júnior. -- São Paulo : FEA/USP, 2003.

306 f.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2003

Bibliografia.

1. Desenvolvimento de produtos 2. Engenharia simultânea
3. Modelos para processos estocásticos I. Faculdade de Economia,
Administração e Contabilidade da USP II. Título.

CDD – 658.575

**À minha mãe Dalva,
à minha esposa Irisene e
à minha filha Heloísa**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a grande motivação, dedicação e competência que meu orientador Prof. Dr. Abraham Sin Oih Yu apresentou para comigo e para com o desenvolvimento desta pesquisa, sem as quais, certamente não teria obtido êxito. Sou também grato pelo prazer do convívio pessoal e pelo desenvolvimento intelectual obtido como aluno nas disciplinas de Decisão e Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos e Processo com o Prof. Abraham e com o Prof. Paulo Tromboni.

Agradeço também às grandes e pertinentes sugestões dadas pelos Prof.s Drs. Paulo Tromboni de Souza Nascimento e José de Oliveira Siqueira na ocasião do Exame de Qualificação, pois enriqueceram, em muito, as análises e o encaminhamento final da pesquisa.

Agradeço aos dedicados e prestativos funcionários da Biblioteca da FEA-USP e aos funcionários da Secretaria de Pós-Graduação da FEA-USP Valéria Lourenção, Maria Aparecida de Jesus Sales, Marcia Gomes Novo, Luciene Cibelle Soares Luiz e Francisco Oliveria Costa pela sempre disposição na prestação do atendimento.

A meu irmão Flávio Henrique Salles Camargo e meus amigos Alexandre Kawano, Afonso Celso Medina, Álvaro Alves de Moura Jr., Luiz Francisco Rogê Ferreira, Marcelo Verlêngia, Marco Aurélio de Mesquita, Roberto Ramos Jr., Wilson de Santis Jr e Wilson Toshiro Nakamura pelo constante incentivo nos anos em que estive envolvido com esta pesquisa.

A todos que direta ou indiretamente auxiliaram para o êxito deste trabalho

SUMÁRIO

Lista de Quadros
 Lista de Tabelas
 Lista de Figuras
 Lista de Rotinas
 Resumo
Abstract

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Gestão do desenvolvimento de novos produtos e Engenharia Simultânea.....	2
1.2	Questões e objetivos da pesquisa.....	9
1.3	Relevância da pesquisa e suas contribuições.....	15
1.4	O método de pesquisa.....	18
1.5	Apresentação da estrutura da pesquisa.....	20
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	22
2.1	Gestão do processo de desenvolvimento de novos produtos.....	23
2.2	Engenharia Simultânea: abordagens ponto-a-ponto e baseada em conjunto de alternativas.....	31
2.3	Catálogo de aspectos e condições de projeto definidores/diferenciadores das duas abordagens da Engenharia Simultânea: “ <i>Point-Based</i> ” e “ <i>Set-Based</i> ”.....	56
2.4	Referencial Teórico.....	66
3	MÉTODOS DE PESQUISA.....	69
3.1	Análise dos métodos utilizados para a pesquisa.....	69
3.2	Limitações dos métodos de pesquisa.....	71

4	MODELOS PARA PRODUTO COM UM COMPONENTE	72
4.1	Apresentação do problema a ser modelado.....	73
4.2	Modelo de representação da estratégia ponto-a-ponto (<i>Point-Based</i>).....	80
4.2.1	Natureza da busca pelo sucesso pela abordagem <i>Point-Based</i> e bases para a modelagem.....	80
4.2.2	Proposições sobre os parâmetros do modelo representativo da abordagem <i>Point-Based</i>	86
4.2.3	Maximização do valor esperado, distribuição de probabilidades e variância do resultado econômico para a abordagem <i>Point-Based</i>	91
4.3	Modelo de representação da estratégia baseada em conjunto de alternativas (<i>Set-Based</i>).....	108
4.3.1	Apresentação do problema a ser modelado.....	108
4.3.2	Proposições sobre os parâmetros do modelo representativo da abordagem <i>Set-Based</i>	109
4.3.3	Maximização do valor esperado e obtenção da variância do resultado econômico para a abordagem <i>Set-Based</i>	111
4.4	Comparações entre os desempenhos das duas abordagens <i>Point-Based</i> e <i>Set-Based</i> e obtenção da fronteira de separação entre suas regiões de dominância.....	116
4.5	Modelagem da abordagem <i>Set-Based</i> repetida em mais de um ciclo de desenvolvimento e efeitos sobre a fronteira.....	128
4.6	Modelagem dos efeitos de aprendizagem sobre as duas abordagens e obtenção da fronteira.....	142
5	MODELOS PARA PRODUTOS COM DOIS COMPONENTES.....	153
5.1	Apresentação do problema a ser modelado.....	154
5.2	Modelo de representação da abordagem baseada em conjunto de alternativas (<i>Set-Based</i>) para produto com dois componentes.....	159
5.2.1	Proposições sobre os parâmetros do modelo representativo da abordagem <i>Set-Based</i> para produto constituído de dois componentes.....	160
5.2.2	Maximização do valor esperado e obtenção da variância do resultado econômico para a abordagem <i>Set-Based</i>	163

5.3	Modelo de representação da estratégia ponto-a-ponto (<i>Point-Based</i>) para desenvolvimento de produto constituído de dois componentes.....	172
5.3.1	Proposições sobre os parâmetros do modelo representativo do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído de dois componentes.....	173
5.3.2.	Distribuição de probabilidades, maximização do valor esperado e variância do resultado econômico para o desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído por dois componentes.....	176
5.4	Fronteira de separação das regiões de maiores valores esperados dos resultados econômicos do desenvolvimento de um produto constituído de dois componentes quando gerido por cada uma das abordagens <i>Point-Based</i> e <i>Set-Based</i>	204
5.5	Análise dos efeitos da aprendizagem e da possibilidade de o <i>Set-Based</i> ser repetido em vários ciclos sobre a fronteira de separação.....	217
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	226
6.1	Principais resultados obtidos e contribuição à literatura.....	226
6.2	Sugestões para pesquisas futuras.....	231
	ANEXO A - APRESENTAÇÃO DOS PRINCIPAIS RESULTADOS.....	233
	ANEXO B - APRESENTAÇÃO DAS ROTINAS DESENVOLVIDAS EM MATLAB, VERSÃO 4.2	271
	BIBLIOGRAFIA.....	302

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1.1:	Apresentação dos diferentes elementos (condições de projeto e de mercado) que podem influenciar os desempenhos econômicos do desenvolvimento de um produto, pelas duas abordagens da <i>Set-Based</i> e <i>Point-Based</i>14
QUADRO 2.1:	Aspectos do processo de seleção inicial de alternativas nas duas abordagens de gestão da Engenharia Simultânea.....58
QUADRO 2.2:	Aspectos do processo de convergência ou busca do conceito ótimo empregados pelas duas abordagens da Engenharia Simultânea.....59
QUADRO 2.3:	Aspectos do congelamento e da comunicação empregados pelas duas abordagens da Engenharia Simultânea.....60
QUADRO 2.4:	Aspectos da política de busca pelo desempenho ótimo de um sistema (componentes interrelacionados) e da concepção no desenvolvimento e utilização de protótipos nas duas abordagens da Engenharia Simultânea.....62
QUADRO 2.5:	Níveis de interrelações da manufatura com a engenharia de produtos e aspectos da importância e poder da manufatura encontrados nas duas abordagens da Engenharia Simultânea.....64
QUADRO 2.6:	Aspectos da complexidade e incertezas do projeto e ambientes de negócios e aplicabilidade das duas abordagens da Engenharia Simultânea.....65
QUADRO 4.1:	Resultados econômicos ($I_P(k)/R$) e respectivas probabilidades para o exemplo em questão, considerando-se somente dois ciclos de desenvolvimento.....95
QUADRO 4.2:	Resultados econômicos ($I_P(k)/R$) para a abordagem <i>Point-Based</i> e respectivas probabilidades, considerando-se o número k^* ótimo de ciclos de desenvolvimento.....97
QUADRO 4.3:	Resultados econômicos ($I_{SS}(k)/R$) da abordagem <i>Set-Based</i> com possibilidade de repetições em ciclos e respectivas probabilidades, considerando-se o número k^* ótimo de ciclos de desenvolvimento.....132
QUADRO 5.1:	Apresentação dos vários eventos y_A e y_B referentes aos sucessos individuais de alternativas de projetos de componentes A e B, e respectivas probabilidades de ocorrência ($p(y_A=Y_A, y_B=Y_B)$) e probabilidade de o encaixe (p_e) ocorrer ao final do terceiro ciclo, mantido sempre $y_A=3$178
QUADRO 5.2:	Apresentação dos vários eventos y_A e y_B denominados superiores internos, referentes aos sucessos individuais de alternativas de projetos de componentes A e B, e respectivas probabilidades de ocorrência ($p(y_A=Y_A, y_B=Y_B)$) e probabilidade de o encaixe (p_E) ocorrer ao final do terceiro ciclo.....182
QUADRO 5.3:	Apresentação dos vários eventos y_A e y_B denominados internos iguais, referentes aos sucessos individuais de alternativas de projetos de componentes A e B, e respectivas probabilidades de ocorrência ($p(y_A=Y_A, y_B=Y_B)$) e probabilidade de o encaixe (p_E) ocorrer ao final do terceiro ciclo.....183
QUADRO 5.4:	Resultados econômicos ($I_P(k)/R$) para o k -ésimo ciclo de desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído de dois componentes, e respectivas probabilidades de ocorrência, considerando-se o número k^* ótimo de ciclos que maximiza o valor esperado do resultado econômico.....192

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1:	Evolução dos requisitos de mercado e estratégias (competências) que as empresas tiveram de desenvolver como resposta.....26
TABELA 4.1:	Dados relativos a projetos de alguns produtos.89
TABELA 4.2:	Faturamento inicial potencial de mercado (R), relação c_T/R e extensão da janela de oportunidades (w) para projetos de produtos apresentados na tabela 4.1.....90
TABELA A1:	Valores esperados máximos ($E^*(L_p/R)$) e Desvios-Padrão ($DP^*(L_p/R)$) para o resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto com componente único para uma relação $c/R=0,001$233
TABELA A2:	Valores esperados máximos ($E^*(L_p/R)$) e Desvios-Padrão ($DP^*(L_p/R)$) para o resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto com componente único para uma relação $c/R=0,005$234
TABELA A3:	Valores esperados máximos ($E^*(L_p/R)$) e Desvios-Padrão ($DP^*(L_p/R)$) para o resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto com componente único para uma relação $c/R=0,01$234
TABELA A4:	Valores esperados máximos ($E^*(L_p/R)$) e Desvios-Padrão ($DP^*(L_p/R)$) para o resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto com componente único para uma relação $c/R=0,05$235
TABELA A5:	Valor esperado do número de ciclos ($E^*(k)$) e o risco ((Risco(k^*))) de o processo de desenvolvimento terminar, pelo critério de maximização do valor esperado, sem que se tenha encontrado o sucesso no desenvolvimento, pelo <i>Point-Based</i> , do produto de componente único para a relação $c/R=0,001$235
TABELA A6:	Valor esperado do número de ciclos ($E^*(k)$) e o risco ((Risco(k^*))) de o processo de desenvolvimento terminar, pelo critério de maximização do valor esperado, sem que se tenha encontrado o sucesso no desenvolvimento, pelo <i>Point-Based</i> , do produto de componente único para a relação $c/R=0,005$236
TABELA A7:	Valor esperado do número de ciclos ($E^*(k)$) e o risco ((Risco(k^*))) de o processo de desenvolvimento terminar, pelo critério de maximização do valor esperado, sem que se tenha encontrado o sucesso no desenvolvimento, pelo <i>Point-Based</i> , do produto de componente único para a relação $c/R=0,01$236
TABELA A8:	Valor esperado do número de ciclos ($E^*(k)$) e o risco ((Risco(k^*))) de o processo de desenvolvimento terminar, pelo critério de maximização do valor esperado, sem que se tenha encontrado o sucesso no desenvolvimento, pelo <i>Point-Based</i> , do produto de componente único para a relação $c/R=0,05$237
TABELA A9:	Valor esperado máximo ($E^*(L_s/R)$) do resultado econômico e número de alternativas (N^*) que o maximiza para o desenvolvimento, pelo <i>Set-Based</i> , de um produto de componente único.....237
TABELA A10:	Desvio-padrão ($DP^*(L_s/R)$) do resultado econômico e o risco (Risco*) de o processo de desenvolvimento, pelo <i>Set-Based</i> , de um produto de componente único terminar, pelo critério de maximização do valor esperado, sem que se tenha obtido o sucesso.....238

TABELA A11:	Valores (w^*) das extensões de janela de oportunidades que igualam os valores esperados do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> e <i>Point-Based</i> , de um produto de componente único.....239
TABELA A12:	Valor esperado máximo ($E^*(L_{SS}/R)$) e desvio-padrão ($DP^*(L_{SS}/R)$) do resultado econômico do desenvolvimento, pelo <i>Set-Based</i> continuado em vários ciclos, de um produto de componente único, além do risco (Risco*(SS)) de o processo terminar, pelo critério de maximização do valor esperado, sem que se tenha obtido o sucesso. relação $c/R=0,001$240
TABELA A13:	Valor esperado máximo ($E^*(L_{SS}/R)$) e desvio-padrão ($DP^*(L_{SS}/R)$) do resultado econômico do desenvolvimento, pelo <i>Set-Based</i> continuado em vários ciclos, de um produto de componente único, além do risco (Risco*(SS)) de o processo terminar, pelo critério de maximização do valor esperado, sem que se tenha obtido o sucesso. relação $c/R=0,005$241
TABELA A14:	Valor esperado máximo ($E^*(L_{SS}/R)$) e desvio-padrão ($DP^*(L_{SS}/R)$) do resultado econômico do desenvolvimento, pelo <i>Set-Based</i> continuado em vários ciclos, de um produto de componente único, além do risco (Risco*(SS)) de o processo terminar, pelo critério de maximização do valor esperado, sem que se tenha obtido o sucesso. relação $c/R=0,01$242
TABELA A15:	Valor esperado máximo ($E^*(L_{SS}/R)$) e desvio-padrão ($DP^*(L_{SS}/R)$) do resultado econômico do desenvolvimento, pelo <i>Set-Based</i> continuado em vários ciclos, de um produto de componente único, além do risco (Risco*(SS)) de o processo terminar, pelo critério de maximização do valor esperado, sem que se tenha obtido o sucesso. relação $c/R=0,05$243
TABELA A16:	Valores (w^*) das extensões de janela de oportunidades que igualam os valores esperados do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> e <i>Point-Based</i> , de um produto de componente único e $w^*(SS)$ considerando o <i>Set-Based</i> continuado em vários ciclos, para as relações c/R 0,001, 0,005, 0,01 e 0,05.....244
TABELA A17:	Valores (w^*) das extensões de janela de oportunidades que igualam os Valores Esperados dos resultados econômicos do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> ($E^*(L_S/R)$ (AP)) e <i>Point-Based</i> ($E^*(L_P/R)$ (AP)) de um produto de componente único. número de ciclos ($k^*(Set)$) que maximiza o valor esperado do <i>Set-Based</i> , além dos números de alternativas (N_1^* , N_2^* , N_3^* e N_4^*) conduzidas ao desenvolvimento nos primeiros quatro ciclos do <i>Set-Based</i> . São também apresentados os Desvios-Padrão ($DP^*(L_S/R)$ (AP) e $DP^*(L_P/R)$ (AP)), <i>Time-to-Market</i> ($TTM^*(Set)$ e $TTM^*(Point)$) e os riscos de o processo terminar sem ter conseguido sucesso (Risco* (AP) e Risco(k^*) (AP)), para as abordagens <i>Set-Based</i> e <i>Point-Based</i> com as condições da fronteira, considerando os efeitos do aprendizado e da possibilidade de o <i>Set-Based</i> ser repetido em vários ciclos. relação $c/R=0,001$246
TABELA A18:	Valores (w^*) das extensões de janela de oportunidades que igualam os Valores Esperados dos resultados econômicos do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> ($E^*(L_S/R)$ (AP)) e <i>Point-Based</i> ($E^*(L_P/R)$ (AP)) de um produto de componente único. número de ciclos ($k^*(Set)$) que maximiza o valor esperado do <i>Set-Based</i> , além dos números de alternativas (N_1^* , N_2^* , N_3^* e N_4^*) conduzidas ao desenvolvimento nos primeiros quatro ciclos do <i>Set-Based</i> . São também apresentados os Desvios-Padrão ($DP^*(L_S/R)$ (AP) e $DP^*(L_P/R)$ (AP)), <i>Time-to-Market</i> ($TTM^*(Set)$ e $TTM^*(Point)$) e os riscos de o processo terminar sem ter conseguido sucesso (Risco* (AP) e Risco(k^*) (AP)), para as abordagens

	<i>Set-Based</i> e <i>Point-Based</i> com as condições da fronteira, considerando os efeitos do aprendizado e da possibilidade de o <i>Set-Based</i> ser repetido em vários ciclos. relação $c/R=0,005$247
TABELA A19:	Valores (w^*) das extensões de janela de oportunidades que igualam os Valores Esperados dos resultados econômicos do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> ($E^*(L_S/R)$ (AP)) e <i>Point-Based</i> ($E^*(L_P/R)$ (AP)) de um produto de componente único. número de ciclos ($k^*(Set)$) que maximiza o valor esperado do <i>Set-Based</i> , além dos números de alternativas (N_1^* , N_2^* , N_3^* e N_4^*) conduzidas ao desenvolvimento nos primeiros quatro ciclos do <i>Set-Based</i> . São também apresentados os Desvios-Padrão ($DP^*(L_S/R)$ (AP) e $DP^*(L_P/R)$ (AP)), <i>Time-to-Market</i> ($TTM^*(Set)$ e $TTM^*(Point)$) e os riscos de o processo terminar sem ter conseguido sucesso (Risco* (AP) e Risco(k^*) (AP)), para as abordagens <i>Set-Based</i> e <i>Point-Based</i> com as condições da fronteira, considerando os efeitos do aprendizado e da possibilidade de o <i>Set-Based</i> ser repetido em vários ciclos. relação $c/R=0,01$248
TABELA A20:	Valores (w^*) das extensões de janela de oportunidades que igualam os Valores Esperados dos resultados econômicos do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> ($E^*(L_S/R)$ (AP)) e <i>Point-Based</i> ($E^*(L_P/R)$ (AP)) de um produto de componente único. número de ciclos ($k^*(Set)$) que maximiza o valor esperado do <i>Set-Based</i> , além dos números de alternativas (N_1^* , N_2^* , N_3^* e N_4^*) conduzidas ao desenvolvimento nos primeiros quatro ciclos do <i>Set-Based</i> . São também apresentados os Desvios-Padrão ($DP^*(L_S/R)$ (AP) e $DP^*(L_P/R)$ (AP)), <i>Time-to-Market</i> ($TTM^*(Set)$ e $TTM^*(Point)$) e os riscos de o processo terminar sem ter conseguido sucesso (Risco* (AP) e Risco(k^*) (AP)), para as abordagens <i>Set-Based</i> e <i>Point-Based</i> com as condições da fronteira, considerando os efeitos do aprendizado e da possibilidade de o <i>Set-Based</i> ser repetido em vários ciclos. relação $c/R=0,05$249
TABELA A21:	Valores Esperados máximos ($E^*(L_S/R)$) do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Set-Based</i> , de um produto constituído por dois componentes A e B e respectivos números ótimos (N_A^* e N_B^*) de alternativas que o maximizam para probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ dada a relação $c/R=0,001$250
TABELA A22:	Valores Esperados máximos ($E^*(L_S/R)$) do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Set-Based</i> , de um produto constituído por dois componentes A e B e respectivos números ótimos (N_A^* e N_B^*) de alternativas que o maximizam para probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ dada a relação $c/R=0,005$251
TABELA A23:	Valores Esperados máximos ($E^*(L_S/R)$) do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Set-Based</i> , de um produto constituído por dois componentes A e B e respectivos números ótimos (N_A^* e N_B^*) de alternativas que o maximizam para probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ dada a relação $c/R=0,01$252
TABELA A24:	Valores Esperados máximos ($E^*(L_S/R)$) do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Set-Based</i> , de um produto constituído por dois componentes A e B e respectivos números ótimos (N_A^* e N_B^*) de alternativas que o maximizam para probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ dada a relação $c/R=0,05$253

TABELA A25:	Valores Esperados máximos ($E^*(L_p/R)$) do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído por dois componentes A e B, para projetos cujas alternativas apresentam probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,001$, defrontando extensões (w) de janelas de oportunidades de valores 5 e 50.....254
TABELA A26:	Valores Esperados máximos ($E^*(L_p/R)$) do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído por dois componentes A e B, para projetos cujas alternativas apresentam probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,01$, defrontando extensões (w) de janelas de oportunidades de valores 5 e 50.....255
TABELA A27:	Valores Esperados máximos ($E^*(L_p/R)$) do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído por dois componentes A e B, para projetos cujas alternativas apresentam probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,05$, defrontando extensões (w) de janelas de oportunidades de valores 5 e 50.....256
TABELA A28:	Riscos de terminar o processo de desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído por dois componentes A e B, pelo critério de maximização do Valor Esperado, sem ter conseguido o sucesso, para projetos cujas alternativas apresentam probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,001$, defrontando extensões (w) de janelas de oportunidades de valores 5 e 50.257
TABELA A29:	Riscos de terminar o processo de desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído por dois componentes A e B, pelo critério de maximização do Valor Esperado, sem ter conseguido o sucesso, para projetos cujas alternativas apresentam probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,01$, defrontando extensões (w) de janelas de oportunidades de valores 5 e 50.258
TABELA A30:	Riscos de terminar o processo de desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído por dois componentes A e B, pelo critério de maximização do Valor Esperado, sem ter conseguido o sucesso, para projetos cujas alternativas apresentam probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,05$, defrontando extensões (w) de janelas de oportunidades de valores 5 e 50.259
TABELA A31:	Desvios-Padrão do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído por dois componentes A e B, para projetos cujas alternativas apresentam probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,001$, defrontando extensões (w) de janelas de oportunidades de valores 5 e 50.....260
TABELA A32:	Desvios-Padrão do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído por dois componentes A e B, para projetos cujas alternativas apresentam probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,01$, defrontando extensões (w) de janelas de oportunidades de valores 5 e 50.....261

TABELA A33:	Desvios-Padrão do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído por dois componentes A e B, para projetos cujas alternativas apresentam probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,05$, defrontando extensões (w) de janelas de oportunidades de valores 5 e 50.....262
TABELA A34:	Valores (w^*) das extensões de janela de oportunidades que igualam os Valores Esperados dos resultados econômicos do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> ($E^*(L_S/R)$) e <i>Point-Based</i> ($E^*(L_P/R)$), para probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,001$ 263
TABELA A35:	Valores (w^*) das extensões de janela de oportunidades que igualam os Valores Esperados dos resultados econômicos do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> ($E^*(L_S/R)$) e <i>Point-Based</i> ($E^*(L_P/R)$), para probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,005$263
TABELA A36:	Valores (w^*) das extensões de janela de oportunidades que igualam os Valores Esperados dos resultados econômicos do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> ($E^*(L_S/R)$) e <i>Point-Based</i> ($E^*(L_P/R)$), para probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,01$ 264
TABELA A37:	Valores (w^*) das extensões de janela de oportunidades que igualam os Valores Esperados dos resultados econômicos do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> ($E^*(L_S/R)$) e <i>Point-Based</i> ($E^*(L_P/R)$), para probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,05$ 264
TABELA A38:	Riscos de terminar o processo de desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> (Risco*) e <i>Point-Based</i> (Risco(k^*)), devido ao critério de maximização do valor esperado para probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,001$, e sob as condições das fronteiras.265
TABELA A39:	Riscos de terminar o processo de desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> (Risco*) e <i>Point-Based</i> (Risco(k^*)), devido ao critério de maximização do valor esperado para probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,005$, e sob as condições das fronteiras.265
TABELA A40:	Riscos de terminar o processo de desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> (Risco*) e <i>Point-Based</i> (Risco(k^*)), devido ao critério de maximização do valor esperado para probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,01$, e sob as condições das fronteiras.266
TABELA A41:	Riscos de terminar o processo de desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> (Risco*) e <i>Point-Based</i> (Risco(k^*)), devido ao critério de maximização do valor esperado para probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,05$, e sob as condições das fronteiras.266
TABELA A42:	Desvios-Padrão do resultado econômico do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> ($DP^*(L_S/R)$) e <i>Point-Based</i> ($DP^*(L_P/R)$) de um produto constituído de dois componentes para as probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ relação $c/R=0,001$, e sob as condições das fronteiras.....267

TABELA A43:	Desvios-Padrão do resultado econômico do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> ($DP^*(L_S/R)$) e <i>Point-Based</i> ($DP^*(L_P/R)$) de um produto constituído de dois componentes para as probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ relação $c/R=0,005$, e sob as condições das fronteiras.....267
TABELA A44:	Desvios-Padrão do resultado econômico do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> ($DP^*(L_S/R)$) e <i>Point-Based</i> ($DP^*(L_P/R)$) de um produto constituído de dois componentes para as probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,01$, e sob as condições das fronteiras.....268
TABELA A45:	Desvios-Padrão do resultado econômico do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> ($DP^*(L_S/R)$) e <i>Point-Based</i> ($DP^*(L_P/R)$) de um produto constituído de dois componentes para as probabilidades de sucesso individuais $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$ relação $c/R=0,05$, e sob as condições das fronteiras.....268
TABELA A46:	Fronteiras (w^*) de separação das regiões onde cada um das abordagens supera a outra em termos de valor esperado máximo do resultado econômico no desenvolvimento de um produto constituído por dois componentes, para a relação $c/R=0,001$, considerados os efeito do aprendizado e da possibilidade de repetição do <i>Set-Based</i>269
TABELA A47:	Fronteiras (w^*) de separação das regiões onde cada um das abordagens supera a outra em termos de valor esperado máximo do resultado econômico no desenvolvimento de um produto constituído por dois componentes, para a relação $c/R=0,005$, considerados os efeito do aprendizado e da possibilidade de repetição do <i>Set-Based</i>269
TABELA A48:	Fronteiras (w^*) de separação das regiões onde cada um das abordagens supera a outra em termos de valor esperado máximo do resultado econômico no desenvolvimento de um produto constituído por dois componentes, para a relação $c/R=0,01$, considerados os efeito do aprendizado e da possibilidade de repetição do <i>Set-Based</i>270
TABELA A49:	Fronteiras (w^*) de separação das regiões onde cada um das abordagens supera a outra em termos de valor esperado máximo do resultado econômico no desenvolvimento de um produto constituído por dois componentes, para a relação $c/R=0,05$, considerados os efeito do aprendizado e da possibilidade de repetição do <i>Set-Based</i>270

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1:	Esboço da abordagem da Engenharia Simultânea ponto a ponto.7
FIGURA 1.2:	Esboço da abordagem da Engenharia Simultânea baseada em conjunto de alternativas.8
FIGURA 1.3:	Exemplo de gráfico mostrando o mapeamento da fronteira de separação das regiões de melhores desempenhos econômicos de cada uma das abordagens " <i>Set-Based</i> " e " <i>Point-Based</i> ".17
FIGURA 4.1:	Representação do decaimento do faturamento potencial de mercado ao longo do tempo (janela de oportunidades), discretizado em números de ciclos de desenvolvimento.....81
FIGURA 4.2:	Representação, em árvore, da decisão de iniciar o primeiro ciclo de desenvolvimento, onde incorrer-se-ia num custo $c=\$1$, de uma alternativa de projeto com probabilidade de sucesso $p=80\%$ e faturamento potencial inicial de mercado de $R=\$100$83
FIGURA 4.3:	Solução, obtida no DPL, para a decisão de se adentrar ao primeiro ciclo de desenvolvimento de uma alternativa de projeto que apresenta probabilidade de sucesso $p=80\%$, faturamento potencial inicial de mercado de $R=\$100$ e custo de desenvolvimento $c=\$1$, conforme apresentado na figura 4.2.83
FIGURA 4.4:	Representação, em árvore, apropriada para o cálculo da variância do resultado econômico proveniente da decisão de se adentrar ao primeiro ciclo de desenvolvimento, onde incorrer-se-ia num custo $c=\$1$, de uma alternativa de projeto com probabilidade de sucesso $p=80\%$ e faturamento potencial inicial de mercado de $R=\$100$85
FIGURA 4.5:	Representação, em árvore, da decisão de iniciar o segundo ciclo de desenvolvimento diante de um fracasso no primeiro ciclo. o custo é $c=\$1$, a probabilidade de sucesso é $p=80\%$ e faturamento potencial de mercado ao final do segundo ciclo de $R_2=\$90$92
FIGURA 4.6:	Representação, em árvore, da decisão sequencial de iniciar o segundo ciclo de desenvolvimento diante de um fracasso no primeiro ciclo, sendo $c=\$1$, $p=80\%$, $R=\$100$ e $w=10$93
FIGURA 4.7:	Representação, em árvore, da decisão sequencial de iniciar o segundo ciclo de desenvolvimento diante de um fracasso no primeiro ciclo, sendo $c=\$1$, $p=80\%$, $r=\$100$ e $w=10$94
FIGURA 4.8:	Valor Esperado Ótimo ($E^*(L_p/R)$) e Desvio-Padrão do resultado econômico para a abordagem <i>Point-Based</i> , para relação $c/R=0,001$, parametrizadas a probabilidade de sucesso (p) e a extensão da janela de oportunidades (w).99
FIGURA 4.9:	Valor Esperado Ótimo ($E^*(L_p/R)$) e Desvio-Padrão do resultado econômico para a abordagem <i>Point-Based</i> , para relação $c/R=0,005$, parametrizadas a probabilidade de sucesso (p) e a extensão da janela de oportunidades (w).100
FIGURA 4.10:	Valor Esperado Ótimo ($E^*(L_p/R)$) e Desvio-Padrão do resultado econômico para a abordagem <i>Point-Based</i> , para relação $c/R=0,01$, parametrizadas a probabilidade de sucesso (p) e a extensão da janela de oportunidades (w).100

FIGURA 4.11:	Valor Esperado Ótimo ($E^*(L_p/R)$) e Desvio-Padrão do resultado econômico para a abordagem <i>Point-Based</i> , para relação $c/R=0,05$, parametrizadas a probabilidade de sucesso (p) e a extensão da janela de oportunidades (w).101
FIGURA 4.12:	Valor Esperado para o número de ciclos ($E^*(k)$ – <i>Time-to-Market</i>) e o risco ($Risco(k^*)$) de ter que terminar o desenvolvimento sem ter tido sucesso, para um projeto com relação $c/R=0,001$, segundo a abordagem <i>Point-Based</i>103
FIGURA 4.13:	Valor Esperado para o número de ciclos ($E^*(k)$ – <i>Time-to-Market</i>) e o risco ($Risco(k^*)$) de ter que terminar o desenvolvimento sem ter tido sucesso, para um projeto com relação $c/R=0,005$, segundo a abordagem <i>Point-Based</i>104
FIGURA 4.14:	Valor Esperado para o número de ciclos ($E^*(k)$ – <i>Time-to-Market</i>) e o risco ($Risco(k^*)$) de ter que terminar o desenvolvimento sem ter tido sucesso, para um projeto com relação $c/R=0,01$, segundo a abordagem <i>Point-Based</i>104
FIGURA 4.15:	Valor Esperado para o número de ciclos ($E^*(k)$ – <i>Time-to-Market</i>) e o risco ($Risco(k^*)$) de ter que terminar o desenvolvimento sem ter tido sucesso, para um projeto com relação $c/R=0,05$, segundo a abordagem <i>Point-Based</i>105
FIGURA 4.16:	Número ótimo (N^*) e Valor Esperado maximizado para o resultado econômico da abordagem <i>Set-Based</i> , parametrizados a probabilidade de sucesso (p) e a relação c/R112
FIGURA 4.17:	Desvio-Padrão ($DP^*(l_s/R)$) e Risco* de se terminar o desenvolvimento sem ter conseguido ao menos um sucesso para a abordagem <i>Set-Based</i> (para situações de máximo Valor Esperado ($E^*(l_s/R)$) parametrizadas a probabilidade de sucesso (p) e a relação c/R115
FIGURA 4.18:	Risco (k^*) no <i>Point-Based</i> e Risco* no <i>Set-Based</i> para a relação $c/R=0,001$, parametrizada a probabilidade de sucesso (p).116
FIGURA 4.19:	Risco (k^*) no <i>Point-Based</i> e Risco* no <i>Set-Based</i> para a relação $c/R=0,05$, parametrizada a probabilidade de sucesso (p).117
FIGURA 4.20:	Desvios-Padrão ($DP^*(L_p/R)$) do <i>Point-Based</i> e ($DP^*(L_s/R)$) do <i>Set-Based</i> para a relação $c/R=0,001$, parametrizadas a probabilidade de sucesso (p) e a extensão (w) da janela de oportunidades.118
FIGURA 4.21:	Desvios-Padrão ($DP^*(L_p/R)$) do <i>Point-Based</i> e ($DP^*(L_s/R)$) do <i>Set-Based</i> para a relação $c/R=0,05$, parametrizadas a probabilidade de sucesso (p) e a extensão (w) da janela de oportunidades.118
FIGURA 4.22:	Valores Esperados ($E^*(L_p/R)$) do <i>Point-Based</i> e ($E^*(L_s/R)$) do <i>Set-Based</i> para a relação $c/R=0,01$, parametrizada a probabilidade de sucesso (p) e a extensão (w) da janela de oportunidades.119
FIGURA 4.23:	Fronteira que separa as regiões onde cada abordagem apresenta valor esperado superior à outra para a relação $c/R=0,005$121
FIGURA 4.24:	Fronteiras que separam as regiões onde cada abordagem apresenta valor esperado superior à outra para as relações c/R de 0,001; 0,005; 0,01 e 0,05.123
FIGURA 4.25:	Representação, em árvore, da decisão de adentrar ao k -ésimo ciclo com N_k alternativas para serem desenvolvidas.129
FIGURA 4.27:	Valor Esperado maximizado ($E^*(L_{ss}/R)$) para a abordagem <i>Set-Based</i> com possibilidade de repetição em ciclos para as relações $c/R=0,001$, e 0,005, parametrizadas a probabilidade de sucesso (p) e a extensão (w) da janela de oportunidades.135
FIGURA 4.28:	Valor Esperado maximizado ($E^*(L_{ss}/R)$) para a abordagem <i>Set-Based</i> com possibilidade de repetição em ciclos para as relações $c/R=0,01$, e 0,05, parametrizadas a probabilidade de sucesso (p) e a extensão (w) da janela de oportunidades.135

FIGURA 4.29:	Desvio-Padrão ($DP^*(L_{SS}/R)$) e Risco*(SS) para a abordagem <i>Set-Based</i> com possibilidade de repetição em ciclos para a relação $c/R=0,001$, parametrizadas a probabilidade de sucesso (p) e a extensão (w) da janela de oportunidades.137
FIGURA 4.30:	Desvio-Padrão ($DP^*(L_{SS}/R)$) e Risco*(SS) para a abordagem <i>Set-Based</i> com possibilidade de repetição em ciclos para a relação $c/R=0,05$, parametrizadas a probabilidade de sucesso (p) e a extensão (w) da janela de oportunidades.137
FIGURA 4.31:	Fronteiras (w^*) entre as abordagens <i>Point-Based</i> e <i>Set-Based</i> de ciclo único e (w^* (SS)) entre o <i>Point-Based</i> e o <i>Set-Based</i> com possibilidade de repetição em vários ciclos, para as relações $c/R=0,001$ e $0,005$. ..138
FIGURA 4.32:	Fronteiras (w^*) entre as abordagens <i>Point-Based</i> e <i>Set-Based</i> de ciclo único e (w^* (SS)) entre o <i>Point-Based</i> e o <i>Set-Based</i> com possibilidade de repetição em vários ciclos, para as relações $c/R=0,01$ e $0,05$139
FIGURA 4.33:	Fronteiras (w^* (SS)) entre o <i>Point-Based</i> e o <i>Set-Based</i> com possibilidade de repetição em vários ciclos, para as relações $c/R=0,001$, $0,005$, $0,01$ e $0,05$141
FIGURA 4.34:	Fronteiras (w^*) entre as abordagens <i>Point-Based</i> e <i>Set-Based</i> de ciclo único, (w^* (SS)) entre o <i>Point-Based</i> e o <i>Set-Based</i> com possibilidade de repetição em vários ciclos e (w^* (AP)) entre o <i>Point-Based</i> e o <i>Set-Based</i> com possibilidade de repetição em vários ciclos considerando-se o aprendizado e respectivos valores esperados (iguais para as duas abordagens) sobre as condições de cada uma das fronteiras, para $c/R=0,0$145
FIGURA 4.35:	Fronteiras (w^*) entre as abordagens <i>Point-Based</i> e <i>Set-Based</i> de ciclo único, (w^* (SS)) entre o <i>Point-Based</i> e o <i>Set-Based</i> com possibilidade de repetição em vários ciclos e (w^* (AP)) entre o <i>Point-Based</i> e o <i>Set-Based</i> com possibilidade de repetição em vários ciclos considerando-se o aprendizado e respectivos valores esperados (iguais para as duas abordagens) sobre as condições de cada uma das fronteiras, para $c/R=0,005$146
FIGURA 4.36:	Fronteiras (w^*) entre as abordagens <i>Point-Based</i> e <i>Set-Based</i> de ciclo único, (w^* (SS)) entre o <i>Point-Based</i> e o <i>Set-Based</i> com possibilidade de repetição em vários ciclos e (w^* (AP)) entre o <i>Point-Based</i> e o <i>Set-Based</i> com possibilidade de repetição em vários ciclos considerando-se o aprendizado e respectivos valores esperados (iguais para as duas abordagens) sobre as condições de cada uma das fronteiras, para $c/R=0,01$146
FIGURA 4.37:	Fronteiras (w^*) entre as abordagens <i>Point-Based</i> e <i>Set-Based</i> de ciclo único, (w^* (SS)) entre o <i>Point-Based</i> e o <i>Set-Based</i> com possibilidade de repetição em vários ciclos e (w^* (AP)) entre o <i>Point-Based</i> e o <i>Set-Based</i> com possibilidade de repetição em vários ciclos considerando-se o aprendizado e respectivos valores esperados (iguais para as duas abordagens) sobre as condições de cada uma das fronteiras, para $c/R=0,05$147
FIGURA 4.38:	Desvios-Padrão do resultado econômico para as duas abordagens <i>Set-Based</i> e <i>Point-Based</i> para projetos sob as condições de cada uma das três fronteiras (w^* ; w^* (SS) e w^* (AP)), para a relação $c/R=0,001$150
FIGURA 4.39:	Desvios-Padrão do resultado econômico para as duas abordagens <i>Set-Based</i> e <i>Point-Based</i> para projetos sob as condições de cada uma das três fronteiras (w^* ; w^* (SS) e w^* (AP)), para a relação $c/R=0,05$150

FIGURA 4.40:	Riscos de terminar o processo de desenvolvimento sem ter conseguido sucesso para ambas as abordagens <i>Set-Based</i> e <i>Point-Based</i> para projetos sob as condições de cada uma das três fronteiras (w^* ; w^* (SS) e w^* (AP)), para a relação $c/R=0,001$ 151
FIGURA 4.41:	Riscos de terminar o processo de desenvolvimento sem ter conseguido sucesso para ambas as abordagens <i>Set-Based</i> e <i>Point-Based</i> para projetos sob as condições de cada uma das três fronteiras (w^* ; w^* (SS) e w^* (AP)), para a relação $c/R=0,05$ 151
FIGURA 5.1:	Representação em árvore dos possíveis resultados do desenvolvimento de N_A^* e N_B^* alternativas e respectivas probabilidades. 166
FIGURA 5.2:	Número Ótimo N_A^* e N_B^* de a serem desenvolvidas, pelo <i>Set-Based</i> , e respectivos valores esperados do resultado econômico parametrizadas as probabilidades de sucesso individuais ($p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$) e a probabilidade de encaixe (p), para a relação $c/R=0,001$ 168
FIGURA 5.3:	Número Ótimo N_A^* e N_B^* de a serem desenvolvidas, pelo <i>Set-Based</i> , e respectivos valores esperados do resultado econômico parametrizadas as probabilidades de sucesso individuais ($p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$) e a probabilidade de encaixe (p), para a relação $c/R=0,005$ 169
FIGURA 5.4:	Número Ótimo N_A^* e N_B^* de a serem desenvolvidas, pelo <i>Set-Based</i> , e respectivos valores esperados do resultado econômico parametrizadas as probabilidades de sucesso individuais ($p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$) e a probabilidade de encaixe (p), para a relação $c/R=0,01$ 170
FIGURA 5.5:	Número Ótimo N_A^* e N_B^* de a serem desenvolvidas, pelo <i>Set-Based</i> , e respectivos valores esperados do resultado econômico parametrizadas as probabilidades de sucesso individuais ($p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$) e a probabilidade de encaixe (p), para a relação $c/R=0,05$ 171
FIGURA 5.6:	Representação em árvore da decisão de continuar com o desenvolvimento e adentrar ao k -ésimo ciclo com mais um par de alternativas de projetos e possíveis resultados ao final do desenvolvimento com respectivas probabilidades de ocorrência. 189
FIGURA 5.7:	Representação em árvore dos resultados econômicos dos últimos dois ciclos ((k^*-1) e k^*) de desenvolvimento, respeitado o critério de parada no k^* -ésimo ciclo, e respectivas probabilidades de ocorrência. 191
FIGURA 5.8	Valor Esperado do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído de dois componentes, para as probabilidades individuais de sucesso ($p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$) e extensões da janela de oportunidades ($w=5$ e $w=50$) e relação $c/R=0,001$ 195
FIGURA 5.9	Valor Esperado do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído de dois componentes, para as probabilidades individuais de sucesso ($p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$) e extensões da janela de oportunidades ($w=5$ e $w=50$) e relação $c/R=0,01$ 196
FIGURA 5.10	Valor Esperado do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído de dois componentes, para as probabilidades individuais de sucesso ($p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$) e extensões da janela de oportunidades ($w=5$ e $w=50$) e relação $c/R=0,05$ 197

FIGURA 5.11	Risco(k^*) de o processo do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído de dois componentes terminar sem ter obtido o sucesso, para a relação $c/R=0,001$, parametrizadas as probabilidades individuais de sucesso ($p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$) e extensões da janela de oportunidades ($w=5$ e $w=50$).199
FIGURA 5.12	Risco(k^*) de o processo do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído de dois componentes terminar sem ter obtido o sucesso, para a relação $c/R=0,01$, parametrizadas as probabilidades individuais de sucesso ($p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$) e extensões da janela de oportunidades ($w=5$ e $w=50$).199
FIGURA 5.13	Risco(k^*) de o processo do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído de dois componentes terminar sem ter obtido o sucesso, para a relação $c/R=0,05$, parametrizadas as probabilidades individuais de sucesso ($p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$) e extensões da janela de oportunidades ($w=5$ e $w=50$).200
FIGURA 5.14	Desvio-Padrão do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído de dois componentes para a relação $c/R=0,001$, parametrizadas as probabilidades individuais de sucesso ($p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$) e extensões da janela de oportunidades ($w=5$ e $w=50$).201
FIGURA 5.15	Desvio-Padrão do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído de dois componentes para a relação $c/R=0,01$, parametrizadas as probabilidades individuais de sucesso ($p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$) e extensões da janela de oportunidades ($w=5$ e $w=50$).202
FIGURA 5.16	Desvio-Padrão do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem <i>Point-Based</i> , de um produto constituído de dois componentes para a relação $c/R=0,05$, parametrizadas as probabilidades individuais de sucesso ($p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ com $p_B=80\%$) e extensões da janela de oportunidades ($w=5$ e $w=50$).202
FIGURA 5.17:	Fronteiras (w^*) de separação das regiões onde cada um das abordagens supera a outra em termos de valor esperado máximo do resultado econômico no desenvolvimento de um produto constituído por dois componentes, para a relação $c/R=0,001$, parametrizadas as probabilidades de sucesso individuais das alternativas205
FIGURA 5.18:	Fronteiras (w^*) de separação das regiões onde cada um das abordagens supera a outra em termos de valor esperado máximo do resultado econômico no desenvolvimento de um produto constituído por dois componentes, para a relação $c/R=0,005$, parametrizadas as probabilidades de sucesso individuais das alternativas205
FIGURA 5.19:	Fronteiras (w^*) de separação das regiões onde cada um das abordagens supera a outra em termos de valor esperado máximo do resultado econômico no desenvolvimento de um produto constituído por dois componentes, para a relação $c/R=0,01$, parametrizadas as probabilidades de sucesso individuais das alternativas206

FIGURA 5.20:	Fronteiras (w^*) de separação das regiões onde cada um das abordagens supera a outra em termos de valor esperado máximo do resultado econômico no desenvolvimento de um produto constituído por dois componentes, para a relação $c/R=0,05$, parametrizadas as probabilidades de sucesso individuais das alternativas	206
FIGURA 5.21:	Riscos de o processo de desenvolvimento terminar, pelo critério de maximização do valor esperado, sem ter obtido o sucesso no desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> (Risco*) e <i>Point-Based</i> (Risco(k^*)), de um produto com dois componentes, para a relação $c/R=0,001$	211
FIGURA 5.22:	Riscos de o processo de desenvolvimento terminar, pelo critério de maximização do valor esperado, sem ter obtido o sucesso no desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> (Risco*) e <i>Point-Based</i> (Risco(k^*)), de um produto com dois componentes, para a relação $c/R=0,01$	211
FIGURA 5.23:	Desvios-Padrão do resultado econômico do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Point-Based</i> ($DP^*(L_P/R)$) e <i>Set-Based</i> ($DP^*(L_S/R)$), de um produto com dois componentes para a relação $c/R=0,001$ e condições das fronteiras.	212
FIGURA 5.23:	Desvios-Padrão do resultado econômico do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Point-Based</i> ($DP^*(L_P/R)$) e <i>Set-Based</i> ($DP^*(L_S/R)$), de um produto com dois componentes para a relação $c/R=0,001$ e condições das fronteiras.	213
FIGURA 5.25:	Desvios-Padrão dos resultados econômicos do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> e <i>Point-Based</i> , de um produto com dois componentes para a relação $c/R=0,001$	214
FIGURA 5.26:	Desvios-Padrão dos resultados econômicos do desenvolvimento, pelas abordagens <i>Set-Based</i> e <i>Point-Based</i> , de um produto com dois componentes para a relação $c/R=0,001$	215
FIGURA 5.27:	Fronteiras (w^*) de separação das regiões onde cada um das abordagens supera a outra em termos de valor esperado máximo do resultado econômico no desenvolvimento de um produto constituído por dois componentes, para a relação $c/R=0,001$, considerados os efeito do aprendizado e da possibilidade de repetição do <i>Set-Based</i>	223
FIGURA 5.28:	Fronteiras (w^*) de separação das regiões onde cada um das abordagens supera a outra em termos de valor esperado máximo do resultado econômico no desenvolvimento de um produto constituído por dois componentes, para a relação $c/R=0,005$, considerados os efeito do aprendizado e da possibilidade de repetição do <i>Set-Based</i>	224
FIGURA 5.29:	Fronteiras (w^*) de separação das regiões onde cada um das abordagens supera a outra em termos de valor esperado máximo do resultado econômico no desenvolvimento de um produto constituído por dois componentes, para a relação $c/R=0,01$, considerados os efeito do aprendizado e da possibilidade de repetição do <i>Set-Based</i>	225
FIGURA 5.30:	Fronteiras (w^*) de separação das regiões onde cada um das abordagens supera a outra em termos de valor esperado máximo do resultado econômico no desenvolvimento de um produto constituído por dois componentes, para a relação $c/R=0,05$, considerados os efeito do aprendizado e da possibilidade de repetição do <i>Set-Based</i>	226

LISTA DE ROTINAS

- B1- POINT1COMP:** Rotina que calcula o Valor Esperado Máximo ($E^*(L_p/R)$) para o resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem *Point-Based*, de um produto constituído de componente único. Calcula também o Desvio-Padrão ($DP^*(L_p/R)$), o *Time-to-Market* ($TTM(k^*)$) para a situação de Máximo Valor Esperado e o risco ($Risco(k^*)$) de se terminar o processo de desenvolvimento, pelo critério de maximização do Valor Esperado, sem que se tenha obtido sucesso.....271
- B2 - FRONT1COMP:** Rotina que obtém os valores (w^*) das extensões de janela de oportunidades que igualam os Valores Esperados Máximos dos resultados econômicos do desenvolvimento, pelas abordagens *Set-Based* ($E^*(L_s/R)$) e *Point-Based* ($E^*(L_p/R)$), de um produto constituído de componente único. Calcula, também para as condições da fronteira, os Desvios-Padrão ($DP^*(L_p/R)$ e $DP^*(L_s/R)$) o *Time-to-Market* ($TTM(k^*)$) e os riscos ($Risco(k^*)$ e $Risco^*$) de se terminar o processo de desenvolvimento, pelo critério de maximização do Valor Esperado, sem que se tenha obtido sucesso.....273
- B3 - SETCICLO:** Rotina que calcula o Valor Esperado Máximo ($E^*(L_{ss}/R)$) para o resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem *Set-Based* com possibilidade de repetição em vários ciclos, de um produto constituído de componente único. Calcula também o Desvio-Padrão ($DP^*(L_s/R)$), o *Time-to-Market* (TTM^*) para a situação de Máximo Valor Esperado e o risco ($Risco^*$) de se terminar o processo de desenvolvimento, pelo critério de maximização do Valor Esperado, sem que se tenha obtido sucesso.....275
- B4 - FRONTCICLO:** Rotina que obtém os valores (w^* (SS)) das extensões de janela de oportunidades que igualam os Valores Esperados Máximos dos resultados econômicos do desenvolvimento, pelas abordagens *Set-Based* com possibilidade de repetição em vários ciclos ($E^*(L_{ss}/R)$) e *Point-Based* ($E^*(L_p/R)$), de um produto de um produto constituído de componente único. Calcula, também para as condições da fronteira, os Desvios-Padrão ($DP^*(L_p/R)$ e $DP^*(L_s/R)$ (SS)) os *Time-to-Market* ($TTM(k^*)$ e TTM^*) e os riscos ($Risco(k^*)$ e $Risco^*$ (SS)) de se terminar o processo de desenvolvimento, pelo critério de maximização do Valor Esperado, sem que se tenha obtido sucesso.....277
- B5 - FRONCICAP:** Rotina que obtém os valores (w^* (AP)) das extensões de janela de oportunidades que igualam os Valores Esperados Máximos dos resultados econômicos do desenvolvimento, pelas abordagens *Set-Based* com possibilidade de repetição em vários ciclos ($E^*(L_s/R)$ (AP)) e *Point-Based* ($E^*(L_p/R)$ (AP)), de um produto constituído de componente único, considerados os efeitos de aprendizagem. Calcula, também para as condições da fronteira, os Desvios-Padrão ($DP^*(L_p/R)$ (AP) e $DP^*(L_s/R)$ (AP)) os *Time-to-Market* ($TTM(k^*)$ (AP) e TTM^* (AP)) e os riscos ($Risco(k^*)$ e $Risco^*$) de se terminar o processo de desenvolvimento, pelo critério de maximização do Valor Esperado, sem que se tenha obtido sucesso.....280

- B6 – *SET-BASED2*: Rotina que calcula o Valor Esperado Máximo ($E^*(L_S/R)$) para o resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem *Set-Based*, de um produto constituído por dois componentes. Calcula também o Desvio-Padrão ($DP^*(L_S/R)$), o *Time-to-Market* (TTM^*) para a situação de Máximo Valor Esperado e o risco (Risco*) de se terminar o processo de desenvolvimento, pelo critério de maximização do Valor Esperado, sem que se tenha obtido sucesso.....284
- B7- POINT2: Rotina que calcula o Valor Esperado Máximo ($E^*(L_P/R)$) para o resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem *Point-Based*, de um produto constituído por dois componentes. Calcula também o Desvio-Padrão ($DP^*(L_P/R)$), o *Time-to-Market* ($TTM(k^*)$) para a situação de Máximo Valor Esperado e o risco (Risco(k^*)) de se terminar o processo de desenvolvimento, pelo critério de maximização do Valor Esperado, sem que se tenha obtido sucesso.....285
- B8 - FRONTEIR: Rotina que obtém os valores (w^*) das extensões de janela de oportunidades que igualam os Valores Esperados Máximos dos resultados econômicos do desenvolvimento, pelas as abordagens *Set-Based* ($E^*(L_S/R)$) e *Point-Based* ($E^*(L_P/R)$), de um produto constituído por dois componentes. Calcula, também para as condições da fronteira, os Desvios-Padrão ($DP^*(L_P/R)$ e $DP^*(L_S/R)$) o *Time-to-Market* ($TTM(k^*)$) e os riscos (Risco(k^*)) e Risco*) de se terminar o processo de desenvolvimento, pelo critério de maximização do Valor Esperado, sem que se tenha obtido sucesso.....288
- B9 – FRONT2CIAP: Rotina que obtém os valores (w^* (AP)) das extensões de janela de oportunidades que igualam os Valores Esperados Máximos dos resultados econômicos do desenvolvimento, pelas as abordagens *Set-Based* com possibilidade de repetição em vários ciclos ($E^*(L_S/R)$ (AP)) e *Point-Based* ($E^*(L_P/R)$ (AP)), de um produto constituído por dois componentes, considerados os efeitos de aprendizagem. Calcula, também para as condições da fronteira, os Desvios-Padrão ($DP^*(L_P/R)$ (AP) e $DP^*(L_S/R)$ (AP)) os *Time-to-Market* ($TTM(k^*)$ (AP) e TTM^* (AP)) e os riscos (Risco(k^*)) e Risco*) de se terminar o processo de desenvolvimento, pelo critério de maximização do Valor Esperado, sem que se tenha obtido sucesso.....293
- B10 – SOMASET: Rotina que calcula a probabilidade de se obter o sucesso no primeiro ciclo do desenvolvimento, pela abordagem *Set-Based*, de um produto constituído por dois componentes. Trata-se da rotina que faz o mapeamento da probabilidade para se encontrar o par de alternativas N_A^* e N_B^* que maximiza o Valor Esperado do resultado econômico. Diante do par N_A^* e N_B^* , a probabilidade de se encontrar o sucesso no primeiro ciclo é denominada somaprob* e apresentada na expressão 5.6 do capítulo 5 do trabalho. A rotina é utilizada também para se encontrar os pares de alternativas $N_A^*(k)$ e $N_B^*(k)$ que devem ser conduzidas ao k-ésimo ciclo de desenvolvimento de forma a maximizar a contribuição deste ciclo de desenvolvimento ao Valor Esperado.301

RESUMO

A Administração de Empresas tem sofrido grandes revoluções nas últimas décadas devido ao aumento na quantidade e na complexidade dos problemas em seu âmbito não pararam de crescer. Depois de décadas de acumulação de competências pelas empresas para poderem responder a demandas cada vez mais dinâmicas e diversificadas, a Inovação desponta como a grande competência proativa almejada pelas companhias.

Neste contexto, a pesquisa compara, através de modelagens matemáticas, os desempenhos econômicos das duas abordagens diferentes de gestão da Engenharia Simultânea. A Engenharia Simultânea se apresenta atualmente como uma das formas mais eficientes de gestão do processo de inovação. As duas abordagens são conhecidas como Engenharia Simultânea ponto-a-ponto (*Point-Based*), pela qual se conduz o desenvolvimento através de melhorias a partir de um único conceito inicial e a Engenharia Simultânea Baseada em Conjunto de Alternativas (*Set-Based*) onde há um processo de convergência, desenvolvendo-se, em paralelo, várias de alternativas de projetos.

Modelos matemáticos foram desenvolvidos com o objetivo de comparar o desempenho econômico do desenvolvimento de produtos, quando geridos pelo *Set-Based* ou pelo *Point-Based*, para projetos sob diferentes condições de incertezas, complexidades técnicas, diferentes custos de desenvolvimento e que se deparam com diferentes extensões de janelas de oportunidades para as vendas do produto.

O principal resultado é a obtenção do mapeamento das regiões, definidas por determinadas condições de projetos, para as quais cada uma das estratégias apresenta-se como a de melhor resultado econômico. Tal mapeamento possibilita implicações gerenciais no sentido de que permite a associação imediata das condições do ambiente de negócios e do projeto em questão com a estratégia de inovação que levaria a melhores resultados.

Foram encontrados resultados que confirmam a idéia, presente na literatura, de que o *Set-Based* deve apresentar um potencial maior para gerir projetos mais incertos e/ou de maiores complexidades. Outro resultado interessante é o que mostra ser o desempenho econômico do *Set-Based* também superior mesmo para projetos que apresentam baixos níveis de incerteza e/ou complexidade técnicas com custos de desenvolvimento altos se se depararem com extensões de janelas de oportunidades para as vendas relativamente pequenas.

ABSTRACT

Business Administration has been changing with great revolutions in the last decades, and by the way the quantity and its problems complexities didn't stop growing. After decades of competences accumulation by the companies to answer to the more dynamic and diversified demands, Innovation has become the great pro-ative competence craved by the surviving companies.

Then, this research analyses, through mathematical models, the economic performance of the two different Concurrent Engineering strategies. Concurrent Engineering is one of the most efficient methods of innovation process management nowadays. The two strategies are known as Point-Based Concurrent Engineering that drives the development process through improvements from only one initial concept and Set-Based Concurrent Engineering that manage the product development with a process that begins with multiple concept alternatives and converges to the best one.

Mathematical models were developed with the goal of comparing the economic performance of the product development, as managed by Set-Based Concurrent Engineering or by Point-Based Concurrent Engineering, for projects with different technical uncertainty and complexity levels, different development costs and in the presence of different product sales opportunity window extensions.

The most important result may be the regions mapping that are defined from well known project conditions, to what each one of the strategies get the best economic result. This mapping enables management implies because it allows the immediate association of business environment and considered project conditions with the strategy that will take the best result.

We found results that confirm the idea, in the literature, that Set-Based Concurrent Engineering has a better potential to manage projects with higher levels of technical uncertainty and complexity. Another interesting result is one that shows that Set-Based economic performance is also superior to projects with lower levels of technical uncertainty and/or complexity with higher development costs in the presence of relatively small extensions of the product sales opportunity window.

1 - INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta uma análise de comparação do desempenho econômico de duas estratégias, conceitualmente diferentes, de condução do processo de desenvolvimento de novos produtos e processos. Apesar de ambas se utilizarem das vantagens das modernas técnicas e filosofias que compõem a Engenharia Simultânea, são conceitualmente diferentes pela forma como as equipes selecionam as alternativas de projeto e as desenvolvem.

As estratégias são denominadas por WARD *et al.* (1995) de Engenharia Simultânea Ponto-a-Ponto (*Point-Based Concurrent Engineering*) e Engenharia Simultânea Baseada em Conjunto de Alternativas (*Set-Based Concurrent Engineering*) e são comparadas no trabalho, segundo uma abordagem quantitativa. O trabalho obtém esta comparação através da parametrização de algumas das principais características de projetos de desenvolvimento de produtos, de forma a poder mapear os desempenhos econômicos de cada uma das duas estratégias da Engenharia Simultânea (*Set-Based e Point-Based*) quando empregadas em projetos de características diferentes.

Este capítulo introduz a pesquisa, com a apresentação do problema, objetivos e método além da apresentação de sua relevância e principais resultados.

A primeira seção aborda, de uma forma geral, a Gestão do Desenvolvimento de Novos Produtos e a Engenharia Simultânea, assuntos aos quais o problema de pesquisa está especificamente relacionado. A

segunda seção traz as questões e objetivos da pesquisa, propriamente ditos. Na seqüência, a terceira seção apresenta as contribuições deste trabalho além de apresentar sua relevância no contexto do Desenvolvimento de Novos Produtos. A quarta seção traz a discussão dos métodos a serem utilizados no desenvolvimento da pesquisa e a quinta e última seção apresenta a estrutura da pesquisa.

1.1 GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS E ENGENHARIA SIMULTÂNEA.

A gestão do processo de desenvolvimento de novos produtos e processos tem se tornado uma das mais importantes competências que uma empresa deve desenvolver principalmente se seu ambiente de negócios for dinâmico e competitivo. Desenvolver novos e melhores produtos e tecnologias de manufatura, ampliar e consolidar relações com fornecedores e mercados são questões vitais para empresas competirem em tais ambientes de negócios.

Para CLARK & WHEELWRIGHT (1993), há uma crescente preocupação, por parte das empresas, em melhor se organizarem em torno da gestão do processo de desenvolvimento de novos produtos e processos devido a grandes pressões no ambiente de negócios internacional.

The importance of product and process development is not limited to industries or businesses built around new scientific findings, with significant levels of R&D spending, or where new products have traditionally accounted for a major fraction of annual sales. The forces driving development are far more general. Three are particularly critical:

- *Intense International Competition. In business after business, the number of competitors capable of competing at a world-class level has grown at the same time that those competitors have become more aggressive. As world trade has*

expanded and international markets have become more accessible, the list of one's toughest competitors now includes firms that may have grown up in very different environments in North America, Europe, and Asia. The effect has been to make competition more intense, demanding, and rigorous, creating a less forgiving environment.

- *Fragmented, Demanding Markets. Customers have grown more sophisticated and demanding. Previously unheard of levels of performance and reliability are today the expected standard. Increasing sophistication means that customers are more sensitive to nuances and differences in a product, and are attracted to products that provide solutions to their particular problems and needs. Yet they expect these solutions in easy-to-use forms.*
- *Diverse and Rapidly Changing Technologies. The growing breadth and depth of technological and scientific knowledge has created new options for meeting the needs of an increasingly diverse and demanding market. The development of novel technologies and a new understanding of existing technologies increases the variety of possible solutions available to engineers and marketers in their search for new products. Furthermore, the new solutions are not only diverse, but also potentially transforming. New technologies in areas such as materials, electronics, and biology have the capacity to change fundamentally the character of a business and the nature of competition.*

CLARK & WHEELWRIGHT (1993, p. 3))

A diversificação na demanda dos consumidores fez com que as empresas se adaptassem e desenvolvessem produtos também diversificados, onde algumas características ou atributos do produto apresentassem formas ou desempenho também diferentes para satisfazer a diferentes necessidades ou desejos. CLARK & WHEELWRIGHT (1993) apresentam um exemplo, na indústria automobilística, para mostrar a grandeza dessa diversificação ocorrida nas últimas décadas

In the mid 1960s, for example, the largest selling automobile in the United States was the Chevrolet Impala. The platform on which it was based sold approximately 1.5 million units per year. In 1991, the largest selling automobile in the United States was the Honda Accord, which sold about 400,000 units. Thus, in a market that is today larger than it was in 1965, the volume per model has dropped by a factor of four. Currently over 600 different automobile models are offered for sale on the U. S. market.

CLARK & WHEELWRIGHT (1993, p. 5)).

Para atender a uma demanda cada vez mais diversificada, as empresas, de todas as indústrias, tiveram de desenvolver competências tanto no aspecto do planejamento e controle da produção quanto no da inovação de produtos. É verdade também que houve uma expansão muito grande no número de tecnologias que possibilitaram o advento de novos produtos e processos produtivos.

Por outro lado, a preocupação em gerir o processo de desenvolvimento de novos produtos acabou assumindo dimensões estratégicas de médio e longo prazos para as empresas. Gerir, no médio e longo prazos, o desenvolvimento de novos produtos e processos é traçar as políticas e estratégias tecnológicas e mercadológicas que interessam à empresa para os próximos anos. São decisões bastante complexas que consideram, não só os interesses estratégicos da empresa, mas também a dinâmica do ambiente de negócios e que têm de ser tomadas, muitas vezes, sob um alto grau de incertezas o que poderá afetar positiva ou negativamente toda a rentabilidade futura da empresa além de sua imagem no mercado.

Como forma de representar a gestão do processo de desenvolvimento de novos produtos e processo, CLARK & WHEELWRIGHT (1993) desenvolveram o modelo do "funil do desenvolvimento" que nos permite compreender os efeitos das estratégias tecnológicas e mercadológicas sobre a discussão das metas e operacionalização do processo de forma a se obter uma convergência do tipo de produto/processo a serem desenvolvidos.

Contudo, o tempo (*Time-to-Market*) gasto com todo este processo, desde o mapeamento das estratégias tecnológicas e mercadológicas até se chegar ao desenvolvimento e posterior lançamento do produto no mercado,

tem sofrido uma drástica redução no caso das empresas que apresentam grande competência de inovação. Uma das formas encontradas pelas equipes de projetos para se conseguir reduzir o *Time-to-Market* é conhecida como Engenharia Simultânea, já que busca conduzir simultaneamente os desenvolvimentos do produto e do respectivo processo de manufatura.

A Engenharia Simultânea tem, pois, sido apontada como a principal forma de dar uma boa resposta à pressão por redução no *Time-to-Market* exercida principalmente por ambientes de negócios mais dinâmicos e competitivos. Trata-se de uma técnica ou filosofia que busca conduzir o processo de desenvolvimento integrando as funções e as decisões de maneira multidisciplinar e co-localizando o time. O grande objetivo é o de fazer aparecer mais cedo os problemas e conflitos, para mais cedo também solucioná-los, diminuindo consideravelmente a quantidade de recursos e tempo gastos com posteriores análise e tarefas que teriam que ser refeitas.

Muitas grandes empresas como a Hewlett-Packard, Motorola, AT&T, Texas Instruments e IBM estão empregando a filosofia da engenharia simultânea nas fases de realização do produto/processo. Um objetivo conhecido da Chrysler é o de desenvolver a Engenharia Simultânea com pessoas trabalhando sob um mesmo teto (JO *et al.* in PARSAEI & SULLIVAN, 1993).

Alguns elementos são peças-chave para o sucesso da Engenharia Simultânea. Um sistema de informações integrado é bastante importante para agilizar a comunicação da equipe sobre as várias características do projeto, além da necessidade de uma cultura de trabalho em equipe e uma nova organização estrutural que garanta mais agilidade e flexibilização nas tomadas de decisões.

Nem bem as empresas e estudiosos estavam compreendendo e consolidando conhecimentos sobre a eficiência da Engenharia Simultânea nas décadas de 80 e 90, WARD *et al.* (1995) acreditaram estar diante de um paradoxo quando examinaram a forma como a Toyota administrava seu processo de desenvolvimento de seus produtos. Paradoxo porque, apesar de a Toyota desenvolver Engenharia Simultânea, ela não o fazia segundo os preceitos levantados até então. Ao invés de muita comunicação entre os membros da equipe, a Toyota não co-localizava o time e a comunicação oral era pouco frequente, como relatado posteriormente por SOBEK (1997).

Além disto, e mais importante, era o fato de a Toyota atrasar as principais decisões e desenvolver muitas alternativas e protótipos em paralelo, contrariando as principais experiências e conhecimentos consolidados sobre o eficiente emprego da Engenharia Simultânea que visavam ao desenvolvimento simultâneo de produto e processo, mas com base numa única alternativa de projeto, selecionada e fixada no início do desenvolvimento de forma a diminuir possíveis confusões futuras. O intrigante é que a Toyota vinha, ainda que com técnicas paradoxais, desenvolvendo mais rápido carros melhores e mais baratos. WARD & SEERING (1989), *apud* WARD *et al.* (1995), conceituaram inicialmente o modelo como Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos de Alternativas ("Set-Based Concurrent Engineering") que, agora é encontrado na Toyota, pelo fato de o processo contemplar o desenvolvimento conjunto de várias alternativas de conceito do produto e também do processo de manufatura.

Os projetistas pensam e comunicam-se com base num conjunto de alternativas viáveis, tanto conceitualmente quanto em termos paramétricos. Eles vão gradualmente estreitando os intervalos dos atributos e, com

isto, eliminando as alternativas que se mostrarem menos factíveis ou de menor desempenho até chegarem a uma solução final. Esta abordagem da Engenharia Simultânea contrasta com a prática comum onde há necessidade de várias iterações (de modificações ou melhorias) sobre a alternativa única, escolhida inicialmente, até que uma solução satisfatória seja encontrada pelo time. (WARD *et al.*, 1995).

Tal abordagem, utilizada pela Toyota, fôra portanto batizada de engenharia simultânea baseada em conjunto de alternativas, enquanto a “prática comum” a que os autores se referem é a abordagem tradicional da Engenharia simultânea ou Engenharia Simultânea Ponto-a-Ponto (“Point-Based Concurrent Engineering”).

Nela, cada ponto representa, pois, a mesma alternativa (idéia) inicial sendo melhorada em cada ciclo ou rodada de desenvolvimento, até se chegar à concepção final do produto, onde, se tenha conseguido otimizar a funcionalidade, qualidade, confiabilidade além de sua manufaturabilidade.

A figura 1.1 abaixo nos apresenta um esboço de tal abordagem onde podemos observar o processo de convergência ponto a ponto.

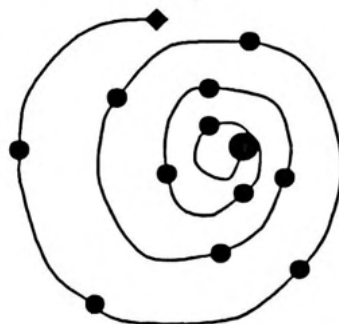


FIGURA 1.1: ESBOÇO DA ABORDAGEM DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA PONTO A PONTO.
FONTE: WARD *et al.* (1995).

A figura 1.2 abaixo nos apresenta um esboço da abordagem da Engenharia Simultânea baseada em Conjunto de Alternativas (*Set-Based*). São conduzidas várias alternativas num mesmo ciclo ou rodada de desenvolvimento. A convergência vai se fazendo pela eliminação de idéias que vão se mostrando não viáveis ao longo do projeto.

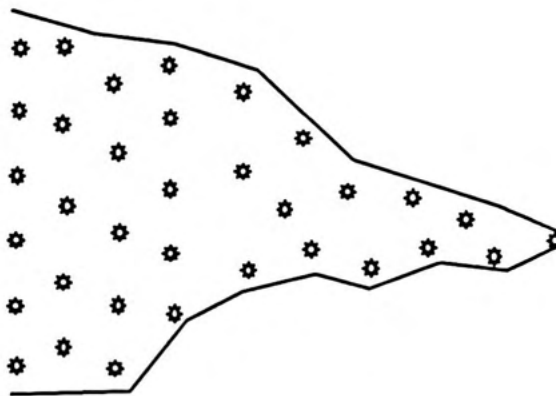


FIGURA 1.2: ESBOÇO DA ABORDAGEM DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA BASEADA EM CONJUNTO DE ALTERNATIVAS.

FONTE: WARD *et al.* (1995).

A Engenharia Simultânea baseada em Conjunto de Alternativas é apontada, na literatura, como capaz de render melhores resultados em termos de tempo de desenvolvimento (*Time-To-Market*), custo e qualidade do produto, principalmente quando o projeto apresenta altos níveis de incertezas tanto sobre o desempenho técnico do produto quanto em relação às necessidades do mercado.

1.2 QUESTÕES E OBJETIVOS DA PESQUISA.

O interesse central da pesquisa reside em conhecer e comparar os desempenhos econômicos das duas abordagens *Set-Based* e *Point-Based* da Engenharia Simultânea quando empregadas para gerir projetos de desenvolvimento de novos produtos e processos.

O critério utilizado para comparar o desempenho das duas abordagens da Engenharia Simultânea é o econômico. O desempenho econômico é um critério importante já que reflete ou embute outros critérios de desempenhos intermediários com, por exemplo, o custo de desenvolvimento, o tempo de desenvolvimento e o nível de qualidade, conforme encontramos em CLARK & FUJIMOTO (1991) e também em CLARK & WHEELWRIGHT (1993).

Interessa, pois, conhecer e comparar os desempenhos econômicos das duas abordagens (*Set-Based* e *Point-Based*) quando empregadas para gerir projetos de desenvolvimento de um novo produto. Queremos conhecer o comportamento do desempenho econômico de cada uma das duas abordagens quando empregadas a gerir projetos de desenvolvimento com características diferentes. As principais características consideradas são os níveis de incertezas sobre o sucesso técnico do produto além dos custos associados ao desenvolvimento e também do faturamento potencial de mercado advindo do lançamento do produto.

Uma outra característica importante que deve ser considerada é a frequência com que novos produtos são lançados ao mercado no setor onde a empresa se encontra. Esta frequência está relacionada à extensão da

janela de oportunidades que a empresa terá para viabilizar as vendas de seu produto no mercado. Se a introdução de novos produtos apresenta uma alta frequência, a empresa deve desenvolver a competência de desenvolver mais rapidamente o produto, de forma a lançá-lo enquanto a janela de oportunidades continua aberta para que consiga obter ganhos econômicos.

Desta forma, consideramos ser a comparação entre o *Time-to-Market* e a extensão da janela de oportunidades para as vendas do produto um elemento importante na determinação do resultado econômico do processo de desenvolvimento. Assim, consideramos que quanto maior o *Time-to-Market* em relação à extensão da janela de oportunidades para as vendas, menor seria a parcela do faturamento total possível que a empresa abocanharia. Para que a empresa tenha acesso a uma boa parcela do faturamento potencial de mercado numa situação onde a janela de oportunidades apresenta-se reduzida, o *Time-to-Market* teria de ser extremamente reduzido também.

Sendo assim, uma abordagem seria considerada melhor que a outra se conseguisse, é claro, desenvolver mais rapidamente e lançar no mercado, num curto espaço de tempo, um produto com características funcionais, de qualidade e confiabilidade muito mais próximas às requeridas e imaginadas pelos consumidores e além disto, com o menor custo possível.

Qualificamos, então, o custo de desenvolvimento e os níveis de incertezas sobre o sucesso do produto do ponto de vista técnico como características do projeto em si, enquanto o faturamento potencial total de mercado que a empresa auferiria quando do lançamento do produto e também a extensão da janela de oportunidades para as vendas do produto como características do mercado. Neste sentido, podemos dizer que a pesquisa busca comparar os

desempenhos econômicos das abordagens *Set-Based* e *Point-Based* na administração do processo de desenvolvimento de um novo produto sob diferentes características de projeto e de mercado.

Ainda, encontramos, na literatura pesquisada, alguns aspectos ou condições de projeto que podem ser muito importantes para a pesquisa, já que podemos analisar o desempenho das duas abordagens sob tais condições ou aspectos. Para isto, estas condições ou aspectos de projetos foram catalogados com o objetivo de servir como pontos a serem também explorados pela pesquisa.

Podemos, então, enunciar a principal questão de pesquisa:

QUAL O COMPORTAMENTO DOS RESULTADOS ECONÔMICOS, PROVENIENTES DO DESENVOLVIMENTO E LANÇAMENTO DE UM NOVO PRODUTO, DAS DUAS ABORDAGENS (*SET-BASED* E *POINT-BASED*) DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA PARA PROJETOS COM OS MAIS VARIADOS CUSTOS DE DESENVOLVIMENTO, NÍVEIS DE INCERTEZAS SOBRE O SUCESSO TÉCNICO DO PRODUTO, FATURAMENTOS POTENCIAIS DE MERCADO E EXTENSÕES DE JANELA DE OPORTUNIDADES PARA AS VENDAS?

Diante da questão, o principal objetivo da pesquisa é o de levantar e comparar o desempenho das duas abordagens da Engenharia Simultânea em termos dos resultados econômicos que advêm do desenvolvimento e

lançamento do produto do mercado sob diversas condições do projeto em si (custos de desenvolvimento e níveis de incertezas sobre o sucesso técnico do produto) e do mercado (extensão da janela de oportunidades para as vendas do produto e o faturamento potencial de mercado).

Desta forma, a pesquisa busca mapear os desempenhos econômicos das abordagens *Set-Based* e *Point-Based* para projetos de desenvolvimento com diferentes características mencionadas acima. Para isto, desenvolvemos modelos matemáticos que visam, ainda que de forma relativamente simples, a representar os desempenhos econômicos obtidos com um novo produto desenvolvido pelas duas abordagens *Set-Based* e *Point-Based*. O mapeamento será conseguido através de parametrização nos modelos quantitativos desenvolvidos.

Se nos interessarmos em associar cada uma das abordagens (*Set-Based* e *Point-Based*) com determinadas condições de projeto e de mercado, podemos levantar uma outra questão de pesquisa que está, de certa forma, relacionada à primeira, enunciada acima.

QUAIS AS CONDIÇÕES DE PROJETO E DE MERCADO QUE, EM CONJUNTO, IGUALAM OS DESEMPENHOS ECONÔMICOS DO DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO, QUANDO GERIDO PELAS ABORDAGENS *SET-BASED* E *POINT-BASED* DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA?

A resposta a esta questão é a obtenção de um gráfico onde podemos visualizar duas regiões separadas por uma fronteira, isto é, o

lugar geométrico das condições que igualam os desempenhos econômicos das duas abordagens. Cada uma das regiões fica, pois, caracterizada por apresentar condições de projeto e de mercado para as quais o desempenho econômico do desenvolvimento por uma das abordagens é superior ao da outra.

Um outra questão está relacionada ao efeito de aprendizado que pode trazer ganhos de produtividade à equipe de projeto fazendo com que diminuam o tempo de desenvolvimento, com as mesmas quantidades de recursos gastos. Há também o efeito da possibilidade de a estratégia *Set-Based* ser repetida em mais de um ciclo caso o primeiro ciclo tenha terminado sem que nenhuma das alternativas de projeto, depois de desenvolvidas, tenha se mostrado satisfatória ao lançamento no mercado.

QUAIS OS EFEITOS DA APRENDIZAGEM E DA POSSIBILIDADE DE O SET-BASED SER REPETIDO EM VÁRIOS CICLOS SOBRE OS DESEMPENHOS ECONÔMICOS DO DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO, PELAS ABORDAGENS *SET-BASED* E *POINT-BASED* E, TAMBÉM SOBRE AS FRONTEIRAS DE SEPARAÇÃO DAS REGIÕES ONDE CADA UMA DAS ABORDAGENS APRESENTA DESEMPENHOS ECONÔMICOS SUPERIORES?

Por fim, há o contexto do nível de complexidade do projeto que está relacionado não só à quantidade de sub-sistemas que compõem o produto, mas também às formas como eles se interrelacionam para apresentar um desempenho conjunto. A última questão de pesquisa está apresentada abaixo.

QUAIS AS CONDIÇÕES DE PROJETO E DE MERCADO QUE, EM CONJUNTO, IGUALAM OS DESEMPENHOS ECONÔMICOS DO DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO, CONSIDERADO MAIS COMPLICADO POR SER CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES, QUANDO GERIDO PELAS ABORDAGENS *SET-BASED* E *POINT-BASED* DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA?

Se para efeito de classificação em termos de condições de projeto ou de mercado, considerarmos que os efeitos da aprendizagem e da complexidade estão relacionados ao projeto, podemos apresentar um esquema, no Quadro 1.1 abaixo, onde há as principais condições de projeto e de mercado, sob as quais, as abordagens da Engenharia Simultânea são comparadas em nossa pesquisa.

QUADRO 1.1: APRESENTAÇÃO DOS DIFERENTES ELEMENTOS (CONDIÇÕES DE PROJETO E DE MERCADO) QUE PODEM INFLUENCIAR OS DESEMPENHOS ECONÔMICOS DO DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO, PELAS DUAS ABORDAGENS DA *SET-BASED* E *POINT-BASED*.

CONDIÇÕES DE PROJETO		CONDIÇÕES DE MERCADO					
		FATURAMENTO POTENCIAL DE MERCADO			EXTENSÃO DA JANELA DE OPORTUNIDADES		
		BAIXO	MÉDIO	ALTO	BAIXA	MÉDIA	ALTA
CUSTO DE DESENVOLVIMENTO (APRENDIZAGEM)	BAIXO						
	MÉDIO						
	ALTO						
INCERTEZAS SOBRE O SUCESSO TÉCNICO DO PRODUTO	BAIXAS						
	MÉDIAS						
	ALTAS						
COMPLEXIDADE DO PRODUTO	MÉDIA						
	BAIXA						

1.3 RELEVÂNCIA DA PESQUISA E SUAS CONTRIBUIÇÕES.

SOBEK (1997) apresentou uma extensa e também aprofundada pesquisa onde compara, de forma qualitativa, as formas de gerir o processo de desenvolvimento na Chrysler e na Toyota. O autor destaca diversos “princípios” ou formas de atuação de cada um dos dois processos de gestão do desenvolvimento (Chrysler e Toyota), mostrando serem, na maioria das vezes, bem diferentes.

SOBEK(1997) chama a atenção, pois, para que o conjunto de “princípios” encontrados na Chrysler e na Toyota constituem, no geral, duas formas bem diferentes de gestão do processo de desenvolvimento de um novo produto e aproximando-as, respectivamente, das abordagens *Point-Based* e *Set-Based*. Ao final de seu trabalho, na seção de sugestões de continuação da pesquisa, SOBEK (1997) sugere que se faça uma comparação, de abordagem quantitativa, dos desempenhos das duas estratégias *Point-Based* e *Set-Based*.

Na literatura pesquisada, encontramos somente os trabalhos de LOCH *et al.* (2001) e DAHAN (1998) como tentativas de dar uma abordagem quantitativa ao que diz respeito à aplicabilidade de cada uma das duas abordagens *Set-Based* e *Point-Based*. Ambos os trabalhos, apesar de não mencionarem diretamente as abordagens *Set-Based* e *Point-based* de Engenharia Simultânea, consideram uma dimensão importante destas abordagens quando estabelecem modelos quantitativos para analisar o desenvolvimento de protótipos a serem testados em série ou em paralelo. Ambos os trabalhos, apesar de enfoques um pouco diferentes, se utilizam do trabalho de WEITZMAN (1979) sobre o desenvolvimento de política ótima de busca.

Em seu trabalho, WEITZMAN (1979) desenvolve a idéia de preço reserva e estabelece a chamada regra da “Caixa de Pandora” ao provar que a sequência ótima de busca em várias caixas por um certo prêmio, que pode ser considerado fixo, é a de elencar as caixas de forma decrescente em relação ao preço reserva. LOCH et al. (2001) desenvolve também um política para elencar conjuntos de alternativas para serem testadas em paralelo. Se o sucesso não for encontrado, parte-se para um o próximo conjunto, onde as alternativas serão testadas em paralelo, num próximo ciclo.

DAHAN (1998) também se utiliza do conceito de preço reserva para estabelecer os desempenhos econômicos do processo de desenvolvimento em série e também em paralelo de protótipos para serem testados.

Nossa pesquisa não se utiliza do conceito de preço reserva de WEITZMAN (1979). Desenvolvemos os desempenhos econômicos do desenvolvimento de um produto pelas abordagens *Set-Based* e *Point-Based*, a partir da obtenção das distribuições de probabilidades para o lucro. Dentre as principais contribuições de nossa pesquisa estão a introdução de uma variável, extensão da janela de oportunidades para as vendas do produto que, de certa forma, representaria, as características de mercado e, também a obtenção das duas regiões, num gráfico, com as condições de projeto e de mercado, onde cada uma das abordagens domina a outra em termos de desempenho econômico.

Tais regiões são separadas pela fronteira, ou melhor, o lugar geométrico das condições de projeto e de mercado que igualam os desempenhos econômicos das duas abordagens. A Figura 1.3 abaixo, nos apresenta, a título de ilustração, um gráfico com as regiões de dominância das abordagens e a fronteira de separação.

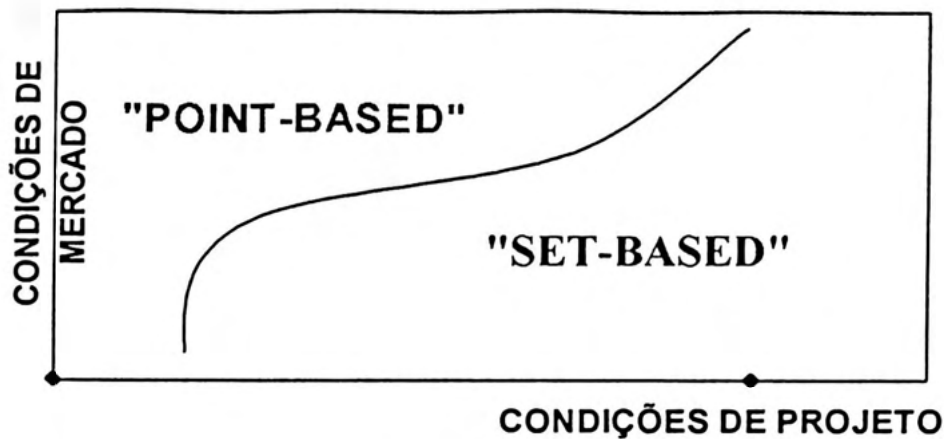


FIGURA 1.3: EXEMPLO DE GRÁFICO MOSTRANDO O MAPEAMENTO DA FRONTEIRA DE SEPARAÇÃO DAS REGIÕES DE MELHORES DESEMPENHOS ECONÔMICOS DE CADA UMA DAS ABORDAGENS "SET-BASED" E "POINT-BASED".

Uma outra contribuição importante de nossa pesquisa é a comparação dos desempenhos econômico do desenvolvimento de um produto, pelas duas abordagens, constituído por dois componentes, o que implica uma maior complexidade no projeto. A pesquisa estabelece as condições de projeto e de mercado, considerando agora o desenvolvimento de um produto mais complexo (constituído por dois componentes), para as quais uma das abordagens apresenta desempenho econômico superior a outra.

Por fim, nossa pesquisa levanta também os níveis de incertezas nos desempenhos econômicos, através do cálculo simples de desvios-padrão, e também dos riscos de o processo de desenvolvimento ter de ser descontinuado sem ter conseguido obter o sucesso, isto é, sem que o produto apresente características e atributos satisfatórios para ser lançado ao mercado.

Dentre os principais resultados de nossa pesquisa, destacamos, em primeiro lugar, a capacidade de o *Set-Based* sempre se apresentar como a estratégia de melhor desempenho econômico no desenvolvimento de projetos cujas condições não são aquelas que as equipes de projeto mais desejam.

O set-Based apresenta-se como a estratégia de melhor desempenho econômico para projetos com maiores níveis de incerteza sobre o sucesso técnico de suas alternativas. Esta característica não só se mantém, mas se pronuncia ainda mais quando se considera o desenvolvimento de um produto constituído por dois componentes, aumentando também o nível de complexidade do projeto.

Projetos relativamente baratos apresentam desempenho econômico superior quando geridos pela abordagem Set-Based quaisquer que sejam as outras condições de projeto e de mercado, mesmo para os níveis considerados os mais altos de extensão da janela de oportunidades para as vendas do produto.

Um outro resultado interessante de nossa pesquisa é o de que não só o desempenho econômico é superior numa região de dominância de uma das abordagens, mas também a incerteza sobre este valor (desempenho econômico) desta mesma abordagem é menor que a da outra. Assim, para as condições de projeto e de mercado definidas pela região de dominância de uma das abordagens, encontramos serem melhores tanto o desempenho econômico como também o nível de incerteza sobre ele, se o desenvolvimento do produto for gerido por tal abordagem.

1.4 O MÉTODO DE PESQUISA.

O método de pesquisa empregado é o hipotético-dedutivo ou ainda o de predição já que se busca explorar os desempenhos das duas

abordagens da Engenharia Simultânea de uma forma dedutiva com base no conhecimento de outras variáveis.

São desenvolvidos modelos quantitativos baseados nos conceitos e naturezas de busca pelo sucesso nas abordagens *Set-Based* e *Point-Based* e, que tenham assim, a capacidade de representar com boa fidelidade as duas abordagens, de forma a confrontá-las, isto é, comparar seus comportamentos e desempenhos em termos de resultados econômicos, parametrizando-se as condições de projeto e de mercado.

A qualidade e extensão do conhecimento obtido pelo Método dedutivo ou preditivo dependem da real importância que as variáveis escolhidas pelo pesquisador desempenham no fenômeno estudado além da percepção que o pesquisador tem das reais relações entre elas.

Assim, é importante que o modelo, ainda que simples, capture as principais variáveis e fatores que influenciam a grandeza que se quer analisar além de que as relações modeladas entre elas devem reproduzir satisfatoriamente aquelas existentes na realidade.

Em nosso caso, da mesma forma que estamos certos de que consideramos os mais importante fatores para modelar o desempenho econômico do processo de desenvolvimento por cada uma das abordagens *Set-Based* e *Point-Based*, sabemos ainda que muitos outros efeitos haveria de serem considerados, como, por exemplo, grandezas que representassem o nível e a forma da concorrência no setor ou ainda a possibilidade de os requisitos dos consumidores variarem ao longo do processo de desenvolvimento só para citar alguns dos efeitos do ambiente de negócios que poderiam ser considerados.

Um outro efeito bastante importante para a comparação das duas abordagens Point-Based e Set-Based é a consideração do efeito do estabelecimento de um instante para o congelamento das especificações dos atributos do produto como forma de se flexibilizar o projeto diante de eventuais alterações nos requisitos dos consumidores. Ou ainda, o aprofundamento das relações do desenvolvimento simultâneo do produto com a manufatura. Todos estes efeitos foram deixados de lado por motivos óbvios de que extrapolam o espaço de uma pesquisa como esta.

1.5 APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DA PESQUISA

A pesquisa está estruturada em seis capítulos e dois anexos: A e B. O segundo capítulo apresenta a Revisão da Literatura, onde se faz uma revisão da Gestão do Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos Processos, da Engenharia Simultânea e das abordagens *Set-Based* e *Point-Based* e uma síntese do Referencial Teórico, enquanto o terceiro capítulo faz uma breve análise dos Métodos de Pesquisa empregados.

O quarto capítulo traz os modelos de representação do desenvolvimento, pelas abordagens *Set-Based* e *Point-Based*, de um produto constituído de componente único. O capítulo obtém ainda a fronteira de separação entre as regiões de dominância de cada uma das abordagens, em termos de melhor desempenho econômico além dos efeitos, sobre a fronteira de separação, da aprendizagem e da possibilidade de se repetir o *Set-Based* em vários ciclos.

O quinto capítulo traz os modelos de representação do desenvolvimento, pelas abordagens *Set-Based* e *Point-Based*, de um produto

constituído por dois componentes. Como no capítulo quatro, são obtidas as fronteiras de separação e, posteriormente, os efeitos, sobre a fronteira de separação, da aprendizagem e da possibilidade de se repetir o *Set-Based* em vários ciclos.

O sexto capítulo apresenta as conclusões da pesquisa bem como sugestões para continuações da mesma.

O Anexo A apresenta os principais resultados numéricos obtidos e apresentados nos capítulos quatro e cinco enquanto o Anexo B apresenta as rotinas desenvolvidas, em linguagem MATLAB versão 4.2, com o objetivo de operacionalizar os cálculos dos modelos e conseguir os resultados numéricos.

2 – REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta a revisão da literatura que se relaciona ao problema de pesquisa, fundamental para o desenvolvimento da pesquisa.

O leitor terá acesso, neste capítulo, a uma discussão dos pontos mais importantes e pertinentes à pesquisa, encontrados na literatura, sobre Gestão do Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos e Processos, Engenharia Simultânea e as abordagens *Set-Based* e *Point-Based*. A primeira seção apresenta uma revisão sobre a Gestão do Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos.

A segunda seção traz uma revisão dos principais aspectos e aplicabilidade da Engenharia Simultânea além dos conceitos e diferenciação das duas abordagens de Engenharia Simultânea: Ponto-a-Ponto (*Point-Based*) e Baseada em Conjunto de Alternativas (*Set-Based*) além de pesquisas sobre sua aplicabilidade e desempenhos encontradas na literatura.

A terceira traz o catálogo de pesquisa que é uma síntese dos principais aspectos ou condições de projetos, destacados da literatura, segundo os quais se pronuncia as diferenças entre as abordagens *Set-Based* e *Point-Based* e a quarta e última seção apresenta uma síntese dos principais trabalhos que fazem parte do Referencial Teórico de nossa pesquisa.

2.1 GESTÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS.

A quantidade dos problemas no âmbito da administração de empresas cresceu muito. Além disto e o que é pior, a natureza dos problemas de gestão empresarial também se modificou bastante nas últimas duas décadas, interrelacionando-os e tornando-os muito mais complexos. Conseqüentemente, a análise e busca de soluções para tais problemas deve ser encarada como uma atividade mais integrada, isto é, multidisciplinar, mas necessariamente rápida e eficiente.

Mudanças muito grandes nas últimas três décadas têm levado os sistemas produtivos a passarem por grandes revoluções no âmbito interno de sorte a enfrentar as mudanças no ambiente de negócios. A partir da década de 70, as empresas tiveram de se adequar ao novo ambiente que começava a surgir. Tal ambiente não era mais calmo e plácido como o do início do século XX. Foram muitas as mudanças no ambiente de negócios até se chegar ao concorrido, dinâmico, globalizado e extremamente exigente que encontramos atualmente.

A quantidade de modelos ofertados aumentou demais nas últimas décadas e, isto não foi um fenômeno observado só na indústria automobilística. Isto é decorrência de segmentação ou diversificação da demanda, surgindo nichos diferenciados com necessidades, desejos e requisitos diferentes para os produtos. As empresas tiveram de criar competências para atender a tais mudanças no ambiente.

É interessante notar que tais mudanças acabaram por pressionar a criação de competências novas por parte das empresas que não as detinham. Tiveram de moldar-se às novas exigências conforme elas iam surgindo.

Para CLARK & WHEELWRIGHT (1993), não se trata de que algumas empresas simplesmente aumentaram o percentual do faturamento revertido para o processo de desenvolvimento nem de se conseguir avanços científicos com mais investimentos em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) mas, de que o processo tem sido direcionado por grandes forças como os aumentos na competição internacional, na segmentação e fragmentação dos mercados e na rotatividade e diversificação de novas tecnologias.

O engenheiro Taiichi Ohno da Toyota não revolucionou o paradigma de sistema produtivo por acaso, foi uma resposta às exigências do ambiente econômico-mercadológico vigente no Japão da década de 50. Ele precisava de um sistema que apresentasse uma produtividade bem maior e com custos menores que o da produção artesanal porém, que não fosse a solução em massa praticada em Detroit, devido ao tamanho reduzido e mais diversificado da demanda japonesa daquela época. (WOMACK *et al.*, 1992).

Tal ambiente deparado por Ohno o fez procurar competências diferentes daquelas desenvolvidas pelos sistemas de produção em massa no Ocidente. Acabou, assim, por revolucionar todo o antigo paradigma de gestão da produção, até então, vigente e desenvolver novas competências que, sem as quais as montadoras do mundo todo não sobreviveriam num futuro próximo.

Estas quebras de paradigmas de gestão dos processos produtivos, iniciada por Ford, foram a grande regra durante o século XX,

mais principalmente depois da 2.a Guerra, culminando na focalização e melhoria da Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos dos anos 80-90.

Para CLARK & FUJIMOTO (1991), conseguir melhoria e garantir eficácia na gestão do desenvolvimento de produtos não advêm da simples implementação de ferramentas como o QFD ("Quality Function Deployment") ou na utilização de tecnologias de informação e suportes como o CAD ("Computer-Aided Design"). Tais ferramentas e sistemas de suporte são muito importantes porém não suficientes. Para os autores acima, o que realmente importa para o desenvolvimento de produtos é o padrão de consistência e integridade no sistema de desenvolvimento como um todo, incluindo a estrutura organizacional, conhecimento e competências tecnológicas, processos de solução de problemas, cultura e estratégia.

BOLWIJN & KUMPE(1990) criaram um modelo de fases para explicar o relacionamento entre crescimento e diversificação de exigências e mudanças no ambiente de negócios com os ciclos de criação de competências pelas organizações depois de pesquisarem algumas organizações na Europa. Para eles, as empresas foram desenvolvendo e acumulando competências ao longo das últimas décadas. As empresas que sobrevivem vão acumulando todas as competências anteriores. Dizem os autores: "Cada novo conjunto de competências é uma extensão do antigo. A evolução dos requisitos de mercado em preço, qualidade e linha diversificada de produtos correspondem, respectivamente, às competências de eficiência, qualidade e flexibilidade na produção. Tais evoluções devem ser encaradas como novos requisitos de mercado que afloram dos anteriores e que os contém".

Os autores acima relacionam os requisitos de mercado com as competências e os desempenhos que as empresas tiveram de desenvolver como resposta e suas evoluções ao longo do tempo, conforme encontrado na tabela 2.1 abaixo.

TABELA 2.1: EVOLUÇÃO DOS REQUISITOS DE MERCADO E ESTRATÉGIAS (COMPETÊNCIAS) QUE AS EMPRESAS TIVERAM DE DESENVOLVER COMO RESPOSTA.

	Requisitos de Mercado	Desempenhos ou Estratégias
1960	Preço	Eficiência
1970	Preço, Qualidade	Eficiência + Qualidade
1980	Preço, Qualidade, Linha de Produtos	Eficiência + Qual. + Flexibilidade
1990	Preço, Qualidade na Linha de Produtos, Novidade	Eficiência + Qual+ Flex+ Inovação

FONTE: BOLWIJN & KUMPE, (1990).

Esta é uma das razões pelas quais o processo de inovação ou desenvolvimento de novos produtos nas empresas apresenta um alto grau de importância e também de complexidade. Atualmente, pensar e gerir para a inovação é o ponto vital de sobrevivência das empresas em ambientes dinâmicos e exigentes, já que deve incorporar todas as competências anteriores.

Atualmente, a empresa deve apresentar competências para gerir o Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos de forma a contemplar todos os requisitos de ambientes dinâmicos, desde colocar rapidamente no mercado um produto de alta qualidade a baixos custos como também de diversificá-lo ao ponto de apresentar uma família de produtos derivados

enquanto desenvolve também um novo produto plataforma, num prazo relativamente curto, fechando, assim, todo um ciclo de desenvolvimento.

The real test of innovation success is not a one-off success in the short term but sustained growth through continuous invention and adaptation. It is relatively simple to succeed once with a lucky combination of new ideas and receptive market at the right time-but it is quite another thing to repeat the performance consistently. Some organizations clearly feel able to do the latter to the point of presenting themselves as innovators-for example, 3M, Sony, IBM, Samsung and Philips, all of whom currently use the term in their advertising campaigns and stake their reputations on their ability to innovate consistently.

TIDD et al. (1997, p.37).

A Gestão do Desenvolvimento de Produtos contempla emaranhado de decisões durante sua operacionalização. É durante o processo que devem ser tomadas decisões das características funcionais e de qualidade que o produto deve ter. Além disto, devem ser tomadas decisões de como o produto vai chegar aos consumidores, isto é, a questão da logística e canais de distribuição sem dizer da questão custo de produção que está intimamente relacionada às decisões da manufatura, escolha de processos, materiais, fornecedores etc.

Para ilustrar como as decisões estão integradas, tomemos o exemplo de um produto como uma impressora jato de tinta. Algumas das principais decisões de desenvolvimento incluem: Qual tecnologia será adotada para o produto? Onde a impressora será montada? Quem pertencerá ao time de projeto e quem o liderará? Quais as variações da impressora que deverão ser desenvolvidas

como parte da família? Algumas empresas podem fazer escolhas diferentes e usar métodos diferentes, mas todas tomam decisões sobre os mesmos problemas: conceituação do produto, arquitetura, distribuição etc. (KRISHNAN & ULRICH (2001).

Tais questões são denominadas, por CLARK & FUJIMOTO (1991), como as complexidades internas do produto e as complexidades da interface produto-consumidor. O automóvel, objeto de estudo dos autores acima, é classificado, segundo os mesmos, como um produto complexo, já que apresenta alto grau de complexidade nas duas dimensões. Há um infinidade de componentes que devem ser desenvolvidos e, que devem apresentar um ótimo desempenho conjunto quando de suas interrelações, além de que são desenvolvidos por equipes de especialistas diferentes.

A complexidade externa ou complexidade de mercado diz respeito a muitas, e não totalmente conhecidas, necessidades e utilizações a que os consumidores farão e, conseqüentemente, os atributos que esperam do automóvel, além daquela básica que é a do transporte simplesmente. Integridade é a denominação que CLARK & FUJIMOTO (1991) usam para qualificar a consistência do produto.

A integridade do produto apresenta ambas dimensões interna e externa. A integridade interna se refere à consistência entre a função e a estrutura de um produto, isto é, os vários componentes trabalharem bem em conjunto, enquanto a integridade externa é uma medida de quão bem a função, estrutura e semântica de um produto se encaixa com os objetivos, valores, padrão de utilização e identidade dos consumidores. (CLARK & FUJIMOTO, 1991).

Projetos de sucesso não são possíveis sem liderança, isto é, possuem um líder de projeto que dá direção e estimula a integridade do projeto. Mas, o líder faz a ligação com os fornecedores, consumidores e o mercado. O líder de projeto busca a integridade interna enquanto integra as necessidades dos consumidores aos atributos e detalhes do produto. Um processo de desenvolvimento não é o resultado do esforço de um único indivíduo mas, uma liderança forte faz diferença. (CLARK & WHEELWRIGHT, 1993)

URBAN *et al.* (1987) também analisam os fatores do ambiente que motivam a estratégia de inovar:

"Metas financeiras e de crescimento de vendas são fatores internos. Competição, ciclo de vida, tecnologia, invenções, regulamentos e custos de materiais estão entre os principais fatores de pressão externa. Mudanças demográficas, culturais e mudanças nos requisitos dos consumidores além de iniciativas de fornecedores são os principais estímulos de mercado... No futuro, as estratégias proativas serão cruciais porque:

- A competição assumirá papéis globais;
- As nações industriais serão, cada vez mais, agressivas em negócios com base tecnológica;
- Os mercados ficarão maduros e saturados ;
- Os estilos e padrões de consumo continuarão mudando;
- Os consumidores tornar-se-ão, cada vez mais, sofisticados;
- Mudanças tecnológicas tendem a aumentar e ficar mais rápidas;
- O tempo de vida dos produtos tende a diminuir;
- O tempo gasto com o desenvolvimento tende a diminuir;
- Deve intensificar a competição por recursos necessários ao processo de desenvolvimento.

Desta forma o processo de desenvolvimento de produtos terá de exercer um papel fundamental na estratégia de longo prazo da empresa. Segundo CLARK & WHEELWRIGHT (1993) "Do ponto de vista do desenvolvimento de produtos e processos, a questão crucial é a do número de

produtos plataformas, o número de produtos melhorados (derivados) e a frequência das novas introduções”

O desenvolvimento de novos produtos apresenta grande importância para a empresa. É com ele que a empresa operacionaliza suas estratégias tecnológicas e de mercado de médio e longo prazos. CLARK & WHEELWRIGHT (1993) apresentam um modelo em forma de funil como forma de representar o esquema de operacionalização das decisões de cunho estratégicos que a empresa deve tomar. O funil simboliza, para estes autores, a conjunção das estratégias tecnológicas e de mercado com seu plano de metas e objetivos além do plano agregado que, quando analisados em conjunto, estabelecem uma linha estratégica de atuação e execução de médio e longo prazos para o desenvolvimento de novos produtos para a empresa.

Contudo, o foco do problema de pesquisa não é a análise da característica estratégica do processo de desenvolvimento de novos produtos, mas sim a análise da eficiência de modelos de gestão empregados em tal processo, isto é, a eficiência na gestão da operacionalização do processo propriamente dito. Para isto, devemos encarar o processo de desenvolvimento de novos produtos conforme uma visão sistêmica (uma caixa preta, necessitando de recursos de entradas, de um lado e saídas de outro) para poder analisar seu desempenho, segundo algumas formas de gestão.

2.2 ENGENHARIA SIMULTÂNEA: ABORDAGENS PONTO-A-PONTO E BASEADA EM CONJUNTO DE ALTERNATIVAS.

O projeto de desenvolvimento de um novo produto é um processo que, por natureza, envolve uma série de funções que, a princípio, são imaginados e pesquisados de forma estanque como marketing, engenharia do produto, manufatura ou engenharia do processo, dentre as principais. No entanto, em ambientes de negócios dinâmicos e de grandes incertezas, há a necessidade de entrosamento destas funções de forma a conduzir o projeto num contexto multidisciplinar. A Engenharia Simultânea parece ser a melhor maneira para dar resposta às demandas e resolução de conflitos no âmbito do projeto.

Desenvolver um novo produto é colocar forma num objeto de sorte a torná-lo adequado para à necessidade e desejo de um certo grupo de consumidores. Porém, não é só isto, deve-se criar tal forma para o objeto desejado da maneira mais econômica possível para que o produto apresente-se viável para comercialização. Neste sentido, grosso modo, podemos enxergar a necessidade das três grandes disciplinas envolvidas no projeto: marketing para levantar as necessidades dos consumidores; engenharia do produto para implementar tais necessidades num objeto e transformá-lo eficazmente no produto desejado e manufatura que buscará as formas mais baratas de realmente moldar e produzir aquilo que fora anteriormente desenhado pela equipe de engenharia.

O paradigma era, até há pouco tempo, conduzir em separado as principais fases do projeto. Não havia necessidade para a integração na maioria dos setores já que as principais características do ambiente de negócios como a quantidade e qualidade da demanda, a necessidade de novas tecnologias e

o nível de concorrência não se mostravam desafiadores. Pelo contrário, as relativas certezas sobre a demanda e necessidades dos consumidores sobre o produto e também sobre a tecnologia empregada no produto e processo proporcionavam uma situação extremamente confortável para os projetistas que podiam se dar ao luxo de trabalharem de forma estanque. Aliás tal concepção de projeto era tida como a mais racional.

Desenvolver por completo todos os itens sem deixar quaisquer dúvidas ou lacunas e documentá-los perfeitamente antes de entregá-los ao próximo departamento da empresa era tido como o procedimento correto para o andamento do projeto. A próxima função começava realmente a trabalhar no desenvolvimento somente quando a anterior entregava o documento ou memorando contendo todas as especificações previamente elaboradas e examinadas. Assim, a engenharia de produto iria iniciar seus trabalhos de desenvolvimento somente quando recebesse do pessoal de marketing a documentação contendo todos os estudos sobre levantamento das necessidades e requisitos dos consumidores. Aí, passado algum tempo de trabalho, os engenheiros, muitas vezes, iriam descobrir que grande parte das especificações do pessoal de marketing eram inviáveis do ponto de vista técnico ou econômico, já que não conseguiam projetar algo com as características exatas ou com um nível de preço desejados pelo marketing. Havia conflitos.

Da mesma forma que surgiam conflitos entre os pessoais de marketing e engenharia de produto, eles continuavam posteriormente na fase onde entrava o trabalho do pessoal do projeto da manufatura. A única forma de resolução destes problemas nesta concepção sequencial do projeto seria dada através de iterações onde as equipes refazem as análises e testes até que os

conflitos se dissipassem. E funcionava. Porém, tal concepção não resistiria a revoluções nas principais características do ambiente de negócios como quando as necessidades dos consumidores começaram a apresentar –se mais segmentada e incerta além da constante melhoria na qualidade e incerteza sobre a tecnologia a ser empregada. Nestas condições faz-se necessário desenvolver o produto num contexto de maior integração entre as várias funções.

Quando os projetos são estáveis, os requisitos dos consumidores são bem definidos, o tempo de vida e de desenvolvimento são grandes, os grupos funcionais podem desenvolver novos produtos eficientemente com pouca coordenação e poucas reuniões. Mas quando os mercados e a tecnologia são mais dinâmicos e o tempo são elementos críticos da competição, uma integração mais intensiva e mais aprofundada entre as funções se faz necessário para um desenvolvimento efetivo. (CLARK & WHEELWRIGHT, 1993).

LAWRENCE & LORSCH (1969) constataram, numa pesquisa junto a alguns setores como o de plásticos, alimentos embalados e contêineres, que o tipo de estrutura de organização encontrado numa empresa é, em grande parte, determinado pelo nível de incerteza e competição encontrados no ambiente de negócios em que tal empresa se encontra.

Nas indústrias de alimentos embalados e de plásticos onde a inovação se depara com altos níveis de incertezas no ambiente, a integração tem de ser maior para resolver problemas de natureza mais incerta. Na indústria do transporte com contêineres, onde os níveis de incertezas são bem menores e ligados somente à operação do negócio, a integração deve ficar restrita a poucos gerentes somente. (LAWRENCE & LORSCH, 1969).

GUPTA *et al.* (1986) chamam a atenção para a influência que o tipo de estratégia de inovação adotada pela empresa tem sobre o tipo de organização na qual a empresa deve estruturar-se. Com base numa vasta revisão da literatura sobre o tema, os autores afirmam que quanto mais reativa ou defensiva for tal estratégia menos integração entre as funções seria necessária e, vice-versa. Por outro lado, também constata-se que há um reconhecimento, na literatura pesquisada, de que um maior grau de integração entre as funções tem o efeito de elevar a probabilidade de sucesso da inovação.

CLARK & WHEELWRIGHT (1993) fazem distinção do tipo de comunicação empregada entre o pessoal do conceito do produto (“upstream”) e o da manufatura (“downstream”). Os autores identificam a comunicação empregada na abordagem tradicional de projetos como pobre, de baixa frequência e de mão única, enquanto a nova concepção exige que a comunicação seja rica, face-a-face, frequente, intensiva, e de duas mãos. Exige-se que a comunicação seja mais rica e mais intensa de forma a evitar ou reduzir os custos em conflitos com a manufatura.

É importante notar que a manufatura tem de desenvolver habilidades de iniciar o desenvolvimento meio que no escuro, isto é, iniciar seus trabalhos com base nas primeiras informações sobre a concepção do produto e também de gerar “feedbacks” para o pessoal de engenharia e marketing. A comunicação contínua entre o pessoal de “upstream” e do “downstream” é a chave para a detecção logo cedo de problemas, particularmente aqueles relacionados à manufatura.

TERWIESCH *et al.* (2002) estabelecem uma diferenciação entre dois tipos de qualidades de comunicação. Seriam classificadas

como comunicação estável e comunicação precisa com suas vantagens e desvantagens.

A estratégia de comunicação estável é aquela onde há uma baixa probabilidade de mudança ao longo do tempo. A vantagem desta estratégia é de que a manufatura pode iniciar seus estudossem correr riscos de retrabalho. A desvantagem está no fato de que, dada a baixa precisão, a manufatura pode não ter condições de continuar o trabalho e ter de ficar ociosa (por falta de precisão) ou, então deve desenvolver várias alternativas de projeto. Outra estratégia de comunicação é a da precisão. A vantagem é de que a manufatura pode iniciar seu trabalho com grande precisão sem ambiguidades, porém com o custo de ter de refazer algumas partes frente incertezas. A escolha entre as duas estratégias deve ser condicionada pela análise do custo de retrabalho em relação ao custo do desenvolvimento de várias alternativas. (TERWIESCH *et al.*, 2002).

No desenvolvimento de moldes na indústria automobilística é de grande importância, por exemplo, que o pessoal da manufatura tenha uma boa previsão de qual área de um painel é mais passível de alterações, pela engenharia de produto, do que outras. Experiências baseadas em padrões de interações entre painéis e moldes do passado podem possibilitar que engenheiros da manufatura possam extrapolar, com razoável confiança, a superfície final do painel mais provável, baseada ainda que em informações incompletas. CLARK & FUJIMOTO (1991).

Por outro lado, CLARK & WHEELWRIGHT (1993) afirmam que o processo de desenvolvimento tem de se utilizar de técnicas de resolução de problemas numa concepção preventiva e não reativa e que o processo

de desenvolvimento tem de ser conduzido num ambiente mais compreensivo proporcionado e motivado pelos gerentes.

Para CLARK & WHEELWRIGHT (1993) todo o grupo de projeto tem de desenvolver habilidades e capacidade que viabilizem o desenvolvimento através da nova concepção mais integrada. Em especial, o pessoal de engenharia do produto tem de empregar técnicas que propiciem a detecção de problemas logo cedo como o Delineamento de Experimentos (Taguchi), Análise dos Modos e Efeitos de Falhas ("FMEA") entre outros, além de apresentar soluções amigáveis para o produto do ponto de vista da manufatura.

Esta nova concepção de gerir o desenvolvimento de um novo produto buscando resolver os problemas e conflitos de forma mais integrada entre as funções e mais cedo passou a ser conhecida como Engenharia Simultânea.

A Engenharia Simultânea é uma abordagem sistemática que visa o projeto simultâneo e integrado de produtos e processos incluindo manufatura e apoio. Esta abordagem busca motivar, desde o início, os projetistas a considerarem todos os elementos do ciclo de vida do produto desde a concepção até as vendas, passando por qualidade, custo e requisitos dos clientes.

SYAN e MENON (1994). Os autores usam o nome Engenharia Sequencial ou por Etapas para denominar a abordagem tradicional do projeto.

CLARK & FUJIMOTO (1991) chamam atenção para um paralelo entre a concepção e o uso das técnicas de gestão da produção e da qualidade ("Just In Time" e "Total Quality Control") com a concepção e técnicas de gestão da inovação que uma empresa deveria adotar. Para eles, há uma analogia

muito grande no sentido de encarar o processo de desenvolvimento de um novo produto como um processo produtivo também.

Os dois paradigmas (produção e desenvolvimento) estão calcados sobre as mesmas características básicas como redução de estoques, ciclos rápidos, habilidades para mudanças ou alterações frequentes, respostas rápidas e mais cedo aos problemas, abordagem mais integrada e simultânea de alto desempenho e eficiência. A capacidade de "fazer as coisas certas da primeira vez", trabalhar com incertezas e frequentes mudanças, ter uma visão mais abrangente das tarefas e uma cultura da melhoria contínua. De certa forma, a empresa que for boa para gerir a produção e a qualidade terá também sucesso na gestão do processo de desenvolvimento de novos produtos. CLARK & FUJIMOTO (1991).

A abordagem tradicional consiste em desenvolver o projeto de forma sequencial, isto é, cada etapa só se inicia depois que a anterior tenha terminado. SHIGLEY & MITCHELL (1983) afirmam que a convergência na busca para o ótimo no projeto seria obtida depois de muitas iterações entre as várias fases até que se consiga um consenso entre as várias restrições impostas pelas várias funções.

Dentre os maiores problemas da abordagem serial estão os numerosos retrabalhos e conseqüentemente um projeto mais caro, pobre para responder às mudanças tecnológicas ou de mercado e excessivamente longo. Uma alternativa a esta abordagem é a conduzir o projeto de forma mais integrada. Esta abordagem recebe os mais variados nomes. Em alguns círculos recebe o nome de abordagem de sobreposição ("Overlapping") devido ao fato de as etapas se sobreporem. Outros termos também utilizados são da Engenharia Concomitante

("Concurrent Engineering") ou ainda Engenharia Simultânea ("Simultaneous Engineering"). ETTLIE & STOLL (1990).

TAKEUCHI & NONAKA (1986) afirmam que os times devem parar de praticar a corrida de bastão para praticar o "rugby" fazendo, assim, alusão à característica de integração entre os membros que é imprescindível para esta última prática. Segundo os autores, cada vez mais companhias japonesas e dos EUA estão utilizando uma abordagem mais integrada. Tal abordagem requer algumas práticas como a de desenvolver sob instabilidade e pressão, times que se auto organizam, estágios do desenvolvimento sobrepostos, aprendizagem entre as funções, controle flexibilizado e a possibilidade de criar um "feedback" de aprendizagem que fica para outros times.

A integração entre as várias funções da empresa na condução do projeto se materializa na formação do time multidisciplinar que congrega especialistas de todas as áreas. Ao contrário da estrutura funcional que não busca uma integração mais efetiva, há outras duas grandes formas de organização estrutural da empresa que contemplam a integração efetiva que são denominadas, por CLARK & WHEELWRIGHT (1993) de estruturas peso leve ("lightweight") e peso pesado ("heavyweight"). Estes nomes são dados em função da responsabilidade e engajamento do líder do time. No entanto, ambas as estruturas buscam trabalhar de forma matricial enquanto as funções estariam dispostas verticalmente, os times estariam sendo coordenados horizontalmente pelos líderes de projetos.

Enquanto o líder peso pesado tem expressão dentro da empresa e poder de decisão tal como os líderes funcionais além de influenciar os especialistas (co-localizados) sob sua coordenação e de se engajar e conduzir

diretamente o projeto, o líder peso leve não. Este não tem poder algum sobre re-alocação de recursos ou direcionamento do projeto o que ficam ainda sob a guarda dos líderes funcionais. Ao líder peso leve cabe a coordenação num nível mais tático dos trabalhos do time. (CLARK & WHEELWRIGHT, 1993).

É interessante notar que a Engenharia Simultânea deve ser concebida como uma filosofia de gestão de projetos que congrega estas experiências e elementos todos. Desde a cultura e filosofia de gestão enxuta da produção e qualidade com a estrutura organizacional disposta matricialmente onde os profissionais sentem-se integrados e desenvolvem cultura de trabalho em grupo e, é claro, sob a influência e coordenação de um líder experiente, forte que não só estimula o time mas, em momentos decisivos, busca sempre uma boa solução. Além disto tudo, há uma série de práticas, técnicas e tecnologias que devem dar o suporte ao trabalho do time, tornando-o mais compreensivo através da possibilidade da obtenção e troca das informações mais importantes.

Dentre as principais práticas e técnicas utilizadas pelos times multidisciplinares, podemos destacar o Desdobramento da Função Qualidade (QFD-"Quality Function Deployment"), Delineamento de Experimentos (DOE-"Design of Experiments") e os experimentos de Taguchi, Análise de Confiabilidade, Análise dos Modos e Efeitos de Falhas (FMEA -"Failure Mode and Effects Analysis"), o Projeto para a Manufatura (DFM - "Design for Manufacturability"), o Projeto para a Montagem (DFA -"Design for Assembly").

De certa forma, EISENHARDT (1989) encontrou exatamente as mesmas características quando pesquisou o que e como o processo de tomada de decisão deve ter e ser para apresentar um perfil de sucesso em

ambientes dinâmicos. A autora pesquisou então, decisões de algumas empresas de fabricação de microcomputadores.

A autora acima aponta algumas das várias constatações. Dentre elas, destacam-se o fato de que as empresas que se utilizam de um número maior de informações e conduzem a decisão de forma mais quantitativa têm um processo decisório mais rápido e mais eficiente. Além disto, as empresas que se utilizam de uma comunicação mais rica e mais frequente além de uma maior integração entre as funções para a resolução de conflitos internos tendem a apresentar uma maior velocidade para se chegar a uma decisão estratégica.

EISENHARDT (1989) também encontrou evidências de que quando se pesquisam várias alternativas simultaneamente, a solução tende a ser melhor e mais rápida, já que comparar as várias alternativas simultaneamente permite que os decisores comparem os pontos fortes e fracos das várias alternativas além de diminuir o efeito psicológico de preferência pela alternativa escolhida inicialmente, no caso em que trabalha com uma única alternativa.

A abordagem tradicional de desenvolvimento é a de total separação entre a fase do conceito e a implementação que só começa quando as especificações estiverem todas congeladas. A idéia é a de que um bom projeto é aquele totalmente focalizado, isto é, com as necessidades dos consumidores bem definidas e tecnologias viáveis. O bom projeto é aquele onde há mínimas mudanças após a aprovação do conceito/congelamento. Tal abordagem tem grande aplicação em ambientes onde a tecnologia, atributos e desempenhos do produto, e níveis de competição são bastante previsíveis. IANSITI (1995).

Porém, quando o ambiente é turbulento e dinâmico, faz-se necessário com que se consiga mover o ponto de congelamento das especificações para o mais próximo do lançamento do produto possível, sendo que a empresa tem de desenvolver habilidades de caminhar com a implementação do projeto do produto, sem antes ter fechado por completo a fase de conceito. IANSITI (1995).

A Toyota, empresa japonesa do setor de automóveis, é uma das empresas que caminham na direção do congelamento tardio das especificações, apontado por IANSITI (1995) como uma forma de responder às incertezas técnicas e de mercado em ambientes dinâmicos. WARD *et al.* (1995), quando pesquisaram o processo de desenvolvimento de novos produtos da Toyota, acreditaram estar diante de um verdadeiro paradoxo em relação aos preceitos da Engenharia Simultânea.

A Toyota não apresentava times co-localizados nem dedicados além de pouca comunicação direta entre os participantes do time. Enquanto o congelamento logo cedo das especificações como forma de se conseguir um processo mais rápido e sem confusão e a construção de poucos protótipos eram tidos como paradigmas da engenharia simultânea, os engenheiros e administradores da Toyota atrasavam suas decisões além de se utilizarem de muitos protótipos. Na mesma linha, caminham seus principais fornecedores. O que tornava a situação um tanto paradoxal era o fato de a Toyota apresentar bons resultados com tal cultura.

O paradoxo, em resumo, estava no fato de atrasando decisões, usando comunicação "ambígua" e desenvolvendo um número

excessivo de protótipos, a Toyota conseguir projetar carros mais rápido, melhores e mais baratos. (WARD *et al.*, 1995).

Os autores perceberam que as técnicas empregadas pela Toyota se aproximavam do que WARD & SEERING (1989), *apud* WARD *et. al.* (1995), definiram de Engenharia Simultânea Baseada em Conjunto de Alternativas ("Set-Based Concurrent Engineering"). Os autores denominam a abordagem tradicional onde o desenvolvimento é conduzido sempre com uma alternativa única, ainda que com a possibilidade de sobreposição das etapas, de Engenharia Simultânea Ponto-a-Ponto ("Point-Based Concurrent Engineering").

Como a comunicação era feita através de um conjunto de alternativas viáveis simultaneamente em relação a todos os subsistemas ou funções do automóvel, cada uma destas sub-equipes poderia trabalhar com a garantia de que não veria seu trabalho refeito: a convergência é feita pelo estreitamento de um conjunto viável, obtido da intersecção entre os vários conjuntos viáveis de cada um dos subsistemas. Desta forma, elimina-se em muito as necessidades de co-localização do time e também das necessidades de frequentes reuniões como formas de aceleração das iterações, características muito encontradas na abordagem tradicional da Engenharia Simultânea.

A abordagem baseada em conjunto de alternativas é assim denominada pelo fato de a equipe conduzir o processo sem definir um conceito inicial, mas sim vários. A resolução de incertezas técnicas e/ou de mercado se dá por meio de um processo de convergência e não iterativo como ocorre na abordagem tradicional ponto-a-ponto de Engenharia Simultânea. Conforme conhecimentos ou informações obtidos em testes vão chegando, a equipe vai

eliminando as alternativas que se apresentam menos viáveis do ponto de vista técnico/mercadológico.

A Engenharia Simultânea tradicional parece apresentar boa eficiência na condução de atividades em paralelo com o intuito de estreitar o tempo de desenvolvimento do projeto ("time to market"). CLARK & FUJIMOTO (1991) encontraram, através de uma análise regressão, uma relação inversa entre o nível de sobreposição/integração das atividades de engenharia de produto e de processos e o tempo de desenvolvimento dos projetos de algumas empresas automobilísticas no Japão, EUA e Europa.

As empresas japonesas formavam um "cluster" de maiores índices de sobreposição das atividades e menores "time to market" enquanto as empresas dos EUA e da Europa apareciam num outro "cluster" com níveis menores de sobreposição e maiores "time to market". Além disto, os autores acima encontraram relações, agora positivas, entre o níveis de qualidade do produto e os índices de sobreposição e integração entre as atividades de desenvolvimento do produto e do processo e, também destes últimos em relação à produtividade dos recursos utilizados em todo o processo de desenvolvimento.

Contudo, a Engenharia Simultânea Ponto-a-Ponto parece apresentar uma certa dificuldade de lidar adequadamente quando os problemas de interrelações (incertezas) técnicas os vários subsistemas de um produto são maiores. Tais relações não são totalmente conhecidas pela equipe quando se trata de empregos de novos materiais ou novas tecnologias de montagem/fabricação ou ainda quanto à resistência e também à intensidade das cargas a que o produto estará sujeito.

Além disto, muitas vezes o mercado consumidor pode apresentar mudanças nas intenções de consumo com relação a vários atributos do produto num espaço de tempo reduzido forçando, muitas vezes, a equipe de projeto realizar um enorme esforço para remodelar tais atributos.

Estas incertezas todas, se em grande escala, podem diminuir o ganho que se teve em termos de "time to market" se não houver medidas que diminuam tais incertezas ou criem uma proteção contra elas.

Em projetos de maior complexidade, onde há a presença de grandes incertezas técnicas ou de mercado, a gestão do projeto pela abordagem baseada em conjunto de alternativas parece render melhores resultados tanto em termos de custo e tempo gastos com o desenvolvimento devido à diminuição de retrabalhos.

A gestão pelo "set-based" é mais cara em termos de recursos humanos e de capital pelo menos nos estágios iniciais do desenvolvimento, e requer maiores competências do time. Mas o time pode ter grandes benefícios como ganhar habilidade para se trabalhar em paralelo, maiores níveis de absorção de aprendizado, comunicação mais rica, otimização de sistemas e aprendizado sobre as alternativas. Tais benefícios podem aumentar significativamente as competências do time em desenvolvimento de produtos ao mesmo tempo que reduz os custos em alterações no projeto da manufatura o que leva a um sistema mais barato e mais eficiente como um todo. A gestão pelo "set-based" parece ser mais adequado a problemas mais complexos, onde o processo é menos conhecido e se necessita criar ou buscar conhecimento e aprendizagem, enquanto a gestão pelo "point-based" parece se dar melhor em processos mais estáveis ou em ambientes de

tecnologias conhecidas onde a busca por novas informações e conhecimento não se faz muito necessário. SOBEK (1997).

As alternativas podem ser tipos ou estilos diferentes de um perfil ou ainda um intervalo contínuo que represente o comprimento ou largura de um subsistema qualquer, o volume do tanque de combustível ou a potência do motor no caso do produto ser um automóvel por exemplo. Tais alternativas ou intervalos são obtidos através da interseção das várias alternativas/intervalos viáveis de cada um dos subsistemas interrelacionados e também das necessidades do mercado.

SOBEK *et al.* (1999) apresentam os princípios básicos da abordagem baseada em conjuntos de alternativas como sendo:

- 1- mapear o espaço do projeto (definir regiões viáveis);
- 2- integrar por intersecção (entre os vários subsistemas), e
- 3- estabelecer viabilidade antes de começar.

Se todas as funções ou sub-equipes conduzirem o projeto com base nestes princípios, terão a garantia de que todas as alternativas em que estarão trabalhando e comunicando são viáveis para toda a equipe e isto diminui consideravelmente o risco de conflitos e conseqüentemente, o retrabalho. A abordagem "set-based" apresenta-se como uma forma de proteção contra o risco de mercado também quando contempla a possibilidade de considerar alternativas que respondam bem aos anseios mais prováveis dos consumidores no momento do lançamento, adiantando e fechando assim, grande parte dos flancos.

Segundo SOBEK (1997):

"O projeto do produto deve estar bem sintonizado às necessidades e expectativas dos clientes. Os vários subsistemas do produto devem se integrar de uma forma bem coesa. O produto e o processo de manufatura devem se ajustar de forma a levar a um

baixo custo e alta qualidade de produção. Os times de desenvolvimento de produtos devem tomar decisões que busquem o ótimo global do sistema.

O projeto sequencial busca a integração através de passar a idéia para os outros membros do time para que a critiquem e modifiquem-na e passem para outro grupo e consecutivamente até que todos os grupos estejam satisfeitos.

Times multidisciplinares, co-localização e Engenharia Simultânea melhoraram o este cenário no sentido de fazer com que as diferentes perspectivas de críticas à idéia ocorram simultaneamente. Contudo, o problema continuou: o grupo responsável concebe uma idéia, e então os outros grupos a criticam frequentemente levando a alterações e retrabalhos.

A abordagem baseada em conjunto de alternativas difere significativamente. Os vários grupos no processo definem suas regiões viáveis e as comunica aos outros. Agora, para se ter certeza do ótimo global, basta que os grupos trabalhem na intersecção de todas as regiões viáveis.

Ao invés de, logo cedo, congelar especificações, a Toyota procura informações através da construção, logo cedo, de protótipos de várias alternativas com o intuito de mapear e conhecer o desempenho das mesmas e também quanto ao desempenho global quando integradas. CLARK & FUJIMOTO (1991) encontraram duas concepções de prototipização: “protótipos para servirem de modelos” (mais utilizada pelas empresas europeias e dos EUA) e “protótipos para detecção de problemas logo cedo” (empregada mais nas empresas japonesas).

Enquanto muitas companhias (incluindo a Chrysler) usam protótipos com a finalidade de provar que o produto funciona, a Toyota se utiliza de protótipos para fazer a integração dos subsistemas do produto. A Toyota, pode, por exemplo, testar muitas unidades diferentes de ar-condicionado, sistemas de freios e outras partes. A Toyota testa dez ou mais protótipos diferentes para cada modelo de veículo. A Toyota pede protótipos múltiplos para seus fornecedores de forma a conseguir saber qual deles se adequa melhor ao sistema como um todo. Ela deliberadamente atrasa algumas decisões até que os testes num protótipo completo seja possível, e aí a integração dos subsistemas será decidida finalmente. A

Chrysler, em contrapartida, enxerga tal fase como a de uma prova do projeto. Todas as decisões já foram tomadas. É hora de provar que elas foram acertadas, mas frequentemente acaba ocorrendo muito retrabalho nesta fase. (SOBEK, 1997).

Depois de obtidas informações sobre o desempenho de cada uma das alternativas diferentes para um mesmo subsistema é interessante, em algumas situações, analisar os desempenhos cruzados entre as alternativas de um subsistema com alternativas de outro subsistema quando da necessidade destes de trabalharem em conjunto.

Pode ocorrer de a equipe de projeto não conhecer tais relações ou interações entre algumas das alternativas de dois ou mais subsistemas ou mesmo entre novos materiais ou tecnologias empregadas num mesmo subsistema. Neste sentido, a Toyota realiza vários experimentos cruzando vários níveis de alguns elementos, materiais ou condições/cargas de operação, de forma a mapear o desempenho ou atributo desejado ao longo da região viável.

Para fazer uma escolha racional entre as alternativas, os engenheiros da Toyota e de seus fornecedores exploram "trade-offs" através da fabricação de protótipos ou de simulação de subsistemas. Eles só se utilizam de "melhor chute", baseado na experiência, quando a decisão parece bem óbvia ou não muito importante, de outra forma, eles investem em busca de dados e informações. Frequentemente, busca-se mais uma curva de "trade-off" que estabeleça uma relação matemática entre dois ou mais parâmetros do que um simples "trade-off" entre duas ou três alternativas. Sempre que possível, os engenheiros buscam levantar relações matemáticas entre os parâmetros de projeto e resultados de desempenho através dos dados de um certo número de testes e interpolam relações. (SOBEK *et al.*, 1999).

Conhecendo o desempenho ou atributo em alguns pontos da região viável do projeto, pode-se interpolar e conseguir relações que mostram o gradiente do desempenho ao longo dos parâmetros de projeto. Para se conseguir os resultados em alguns pontos, os engenheiros devem lançar mão de testes com protótipos quando não se tem muito conhecimento sobre os materiais ou subsistemas envolvidos. Tais relações são muito úteis, pois darão suporte às decisões finais de integração dos vários subsistemas tornando o processo mais compreensivo.

É interessante notar que boa parte das técnicas adotadas na Toyota e, bastante próximas do que se convencionou denominar de abordagem baseada em conjunto de alternativas, encontra eco nos principais elementos de sucesso encontrados por EISENHARDT (1989) em sua pesquisa conduzida com algumas empresas do setor de microcomputadores. EISENHARDT (1989) descobriu que a gestão de várias alternativas simultaneamente num ambiente de valorização e de busca de informações e análises quantitativas permitem com que o processo de tomada de decisão se torne mais compreensivo e, conseqüentemente, melhor e mais rápido.

A cultura japonesa de atrasar as decisões até onde se possa e trabalhar com várias alternativas em paralelo acabou por resolver um dos grandes problemas do desenvolvimento de produtos na indústria automobilística, a saber a agilização e a diminuição dos custos com o desenvolvimento simultâneo de perfis e moldes.

Os moldes são enormes equipamentos feitos a partir de blocos de aço e que são utilizados na prensa de chapas de metal. A confecção do molde depende inteiramente do projeto do perfil que ele deverá prensar e moldar.

Os moldes são constituídos basicamente de duas partes, o macho e a fêmea e seus ajustes devem ser milimétricos de forma a se conseguir o perfil desejado sem causar qualquer complicação que venha a alterar significativamente as características físico-químicas do perfil nem do próprio molde.

Ocorre que a confecção de tais moldes leva tempo e é um processo de alto custo pois exige-se cortar dois blocos de aço (macho e fêmea) de acordo com as especificações do perfil a ser moldado. Se houver alguma mudança no projeto do perfil, perde-se o trabalho gasto e o capital empregado na construção do molde.

Para CLARK & FUJIMOTO (1991), o que faz o desenvolvimento do molde levar 6 meses nas empresas japonesas enquanto leva de 14 a 16 meses nas empresas européias e norte-americanas é fruto da cultura do trabalho integrado em equipe que além de buscar metas de custos, se utiliza de comunicação bilateral entre os engenheiro de produto e de processo.

No Japão, quando o desenvolvimento de um molde parece que vai exceder alguma meta de custo, os engenheiros de produto e da manufatura trabalham em conjunto para encontrar compensações. Por exemplo, os engenheiros de produto podem permitir alguns desvios em relação ao desenho original do produto em alguma região não crítica aos consumidores, se for para facilitar e baratear a produção do molde. Por outro lado, há alguma coisa de arte envolvida, por exemplo, em reconhecer áreas no painel de maiores incertezas e deixar, assim, uma pequena margem de corte nas áreas referentes dos moldes à espera de prováveis mudanças na engenharia do produto. CLARK & FUJIMOTO (1991).

“Um exemplo do princípio de restrições mínimas é a interpretação da ‘aprovação do estilo’ na Toyota. Mesmo

depois da aprovação do estilo, os 'hard points' do veículo ainda gozam de alguns centímetros de flexibilidade até que o problema seja resolvido. Nas companhias dos EUA, depois que o estilo é aprovado, os 'hard points' não podem mais ser alterados. Os engenheiros da carroceria na Toyota passam apenas as informações nominais aos engenheiros da manufatura num exemplo de mínimas restrições. O grupo de manufatura projeta os moldes o mais próximo das medidas nominais possível. Eles, posteriormente, produzem os moldes e, como parte de um processo de teste dos moldes, prensa os principais perfis para analisar os ajustes ("functional building") na carroceria do veículo. Diante deste processo o pessoal da manufatura consegue ter um feedback sobre os ajustes necessários em alguns dos moldes antes de fechar a decisão sobre os moldes e os perfis ('hard points'). Busca-se empreender ajustes baratos nos moldes.

A prática típica nos EUA é a de que aos engenheiros da manufatura é requisitado que se projete e produza moldes que sigam estritamente a especificações já com os 'hard points' resolvidos e congelados pelos engenheiros do projeto da carroceria. No processo de teste do molde, as especificações devem estar satisfeitas antes de uma montagem, quando encontrar-se-á frequentemente necessidades de ajustes, implicando um processo bem mais caro e demorado do que o da Toyota". (SOBEK *et al.*, 1999).

Este procedimento de montagem parcial dos vários perfis na Toyota para analisar as necessidades de ajustes e a viabilidade da montagem final é de grande importância no processo uma vez que introduz flexibilidade ao pessoal do projeto da manufatura.

Ao invés de submeter a manufatura às exigências da engenharia como é da cultura tradicional, a Toyota experimenta uma troca de conhecimentos e experiências entre os dois grupos no sentido de viabilizar um processo onde a manufatura tem poder de decisão, isto é, é a manufatura quem vai analisar as várias possibilidades, deixadas em aberto pela engenharia, para os chamados "hard points" do par perfil/molde. Tais pontos só são decididos depois do "functional building" que busca minimizar o custo/benefício dos ajustes.

Algumas vezes, é mais econômico não seguir estritamente as especificações da engenharia o que levaria a um grande esforço sem que houvesse grande percepção por parte dos consumidores. Flexibilizar o processo, num contexto não só de comunicação mas também de poder de decisão de duas mãos (engenharia-manufatura), pode trazer valor para o projeto.

A forma de se operar as especificações no “set-based” buscam restringir ao mínimo o projeto, por exemplo, o que é mais importante aos consumidores que as dimensões das portas (motorista e passageiro) sejam exatamente as mesmas ou que o ajuste ao redor da porta seja uniforme? Muitos consumidores não conseguiriam afirmar que uma porta está alguns milímetros maior ou menor que a outra, porém rapidamente apontariam qualquer variação no ajuste ao redor da porta. Flexibilizar as especificações de tamanhos exatos para as duas portas pode facilitar a obtenção de um ajuste uniforme ao redor das portas ao que os consumidores são mais sensíveis”. (SOBEK, 1997).

Muito se tem questionado sobre a utilização da Engenharia Simultânea. Dúvidas a respeito da sua eficácia ou em que situações ou tipos de ambientes de negócios ela seria mais adequada ou ainda qual os níveis de sobreposição das etapas ou de emprego da tecnologia de informação estão entre as principais motivações para uma série de pesquisas tanto de exploração em campo quanto de natureza mais preditiva utilizando métodos de simulação ou dedução matemática.

Tais pesquisas têm trazido contribuições para um melhor entendimento de como estes fatores todos se relacionam e, mais principalmente, como influenciam o custo e o tempo do desenvolvimento do projeto assim como o custo e a qualidade do produto.

HULL *et al.* (1996) conduziram uma pesquisa com 74 empresas (dentre as "Fortune 500") a fim de conseguir testar algumas hipóteses sobre a influência das principais práticas e técnicas adotadas na engenharia simultânea sobre a efetiva redução do custo e do tempo de desenvolvimento. As técnicas pesquisadas foram (1) integração simultânea logo cedo, (2) controle de configuração e (3) uso de tecnologia de informação. De posse dos resultados de regressões para explicar os desempenhos do custo e do tempo de desenvolvimento, os autores concluem que os três fatores influenciam (significativamente) positivamente o desempenho e capturaram também a existência de algumas interações entre os fatores, isto é, o efeito da integração logo cedo é maior sobre o desempenho quando o nível de controle de configuração e o emprego de tecnologias de informação são maiores.

EISENHARDT & TABRIZI (1995) conduziram uma pesquisa com 36 companhias de competição global no ramo de computadores a fim de compreender os padrões da aceleração do desenvolvimento de produtos. Os autores levantaram, na literatura, duas abordagens diferenciadas para a aceleração do processo de desenvolvimento: a compressão obtida através da sobreposição das etapas e a estratégia experimental que se baseia em mais iterações e revisões.

Os autores constataram através de uma análise de regressões que a aceleração do processo através de sobreposição ou engenharia simultânea era encontrada nas empresas de computadores de grande porte e microcomputadores para as quais o ambiente se apresenta mais estável e maduro, enquanto a abordagem experimental surge como a estratégia utilizada nos projetos de produtos sob uma maior incerteza como impressoras e computadores pessoais.

Os achados dos autores acima mostram que em ambientes dinâmicos e incertos parece não bastar a sobreposição das etapas, necessitando de uma gestão maior do controle e flexibilidade que seria conseguida pela introdução de um maior número de iterações e pontos de decisão ao longo do processo.

TERWIESCH & LOCH (1999) desenvolveram uma pesquisa de campo com 102 empresas do setor de eletrônica com o objetivo de pesquisar a eficiência da sobreposição das etapas como forma de redução do tempo de desenvolvimento. Depois de dividir a amostra em projetos que apresentaram rápida resolução de incertezas e os que apresentaram baixo nível de resolução de problemas os autores constataram, através da utilização de regressões, ser a sobreposição de etapas eficaz somente para a parte da amostra onde os projetos apresentaram alta habilidade para resolução de problemas. No outro grupo, onde a resolução de problemas foi mais lenta, a quantidade de testes realizados parece ser eficaz na redução do tempo de projeto.

JOGLEKAR *et al.* (2001) desenvolveram um modelo a fim de determinar em que situações se deve empregar mais ou menos sobreposição das atividades de "upstream" e de "downstream" que apresentam interdependências. O modelo desenvolvido busca maximizar o desempenho total do projeto com a restrição para o tempo total de desenvolvimento, levando em consideração o fato de que um certo tempo gasto com qualquer uma das atividades aumenta o desempenho total do projeto porém também acarreta num decréscimo, ainda que pequeno, já que cria a necessidade de retrabalho para a outra atividade.

Os autores concluem ser viável a sobreposição das atividades quando os times apresentam incrementos, isto é, têm capacidade de mais

gerar do que deteriorar desempenho quando ambos os times estão trabalhando simultaneamente. No entanto, se a capacidade de gerar maiores incrementos ao desempenho do que deteriorá-lo for maior quando só uma equipe está trabalhando no momento, então não deve haver sobreposição.

Numa modelagem que busca representar o resultado financeiro obtido por um produto com janela de oportunidade conhecida para as vendas, COHEN *et al.* (1996) obtêm o “time to market” e o nível de qualidade e desempenho do produto para a situação de máximo resultado financeiro. Um dos principais resultados apontados no estudo estão o de que o efeito do tamanho da janela de oportunidade sobre o “time to market” é positivo, ainda que menos que proporcional. Outro resultado interessante é o de que o “time to market” deve ser pequeno para o desenvolvimento de produtos que apresentam baixos ou então altos níveis de concorrência no mercado.

SMITH & EPPINGER (1997) estudaram a estrutura de autovalores e autovetores linearmente independentes de uma matriz (DSM – “Design Structure Matrix”) com as interrelações entre as várias etapas em termos de probabilidades de retrabalho numa etapa desencadeado por outra. Os autovalores estão diretamente relacionados ao tempo gasto com a execução do conjunto de etapas muito interrelacionadas, presentes no autovetor correspondente.

Assim, os autores acima sugerem uma atenção maior com a gestão das etapas contidas no autovetor correspondente ao maior autovalor, como acelerar as iterações dentro deste grupo de atividades. Sugerem, pois, maiores investimentos em testes e tecnologias de informação além da co-localização das equipes relacionadas a estas atividades.

DAHAN (1998) se utiliza do conceito de “preços reservas”, desenvolvido por WEITZMAN (1979), para modelar os resultados esperados dos desempenhos econômicos de duas estratégias diferentes de construção de protótipos: em série e em paralelo.

WEITZMAN (1979) apresentou a política ótima de busca baseada no conceito de preço reserva. Tal política ótima de busca consiste em obter uma sequência racional de busca. O autor a denominou de regra da “Caixa de Pandora” onde as caixas são elencadas de forma decrescente pelo “preço reserva”, que representa uma espécie de resultado econômico esperado ao abrir uma caixa qualquer. A regra da Caixa de Pandora estabelece que a busca pelo prêmio, aleatório e escondido em cada uma das caixas, deve continuar enquanto o prêmio conseguido com a abertura da última caixa for inferior ao preço reserva da próxima caixa a ser aberta.

LOCH et al. (2001) estabelecem uma política ótima para o desenvolvimento de protótipos. Diante de muitos protótipos à disposição para serem testados, os autores desenvolveram um política do tipo da Caixa de Pandora de WEITZMAN (1979) para ordenar conjuntos de protótipos para serem testados em paralelo. Se não se encontrar o sucesso no primeiro lote, testa-se um segundo grupo de protótipos também em paralelo e assim sucessivamente.

WU (2000) estende, de uma forma relativamente simples, a expressão de DAHAN (1998) do Valor Esperado para o desempenho econômico do desenvolvimento, pela abordagem “set-based”, de um produto constituído de componente único para, obter uma expressão que modele o Valor Esperado do desempenho econômico, pela abordagem “set-based”, de um produto constituído por dois componentes. A autora levanta, pois, os números ótimos de

conceitos, de cada um dos componentes, que deveriam ser carregados em paralelo de forma a maximizar o respectivo Valor Esperado.

SRINIVASAN *et al.* (1997) desenvolveram uma pesquisa de campo para analisar, através de uma análise conjunta, se havia diferenças ou mudanças nas preferências dos consumidores quando se faz uma pesquisa de mercado com base somente nos atributos do produtos em relação à uma pesquisa com base num protótipo do produto propriamente dito. Descobriram que há muitas diferenças e que as informações colhidas numa primeira pesquisa baseada somente em atributos podem não representar fielmente a realidade de quando os consumidores estão realmente diante do produto e propõem um processo de desenvolvimento com múltiplas alternativas de conceito como forma de minimizar este risco.

“Nós criticamos a análise baseada em atributos quando usada como a única forma de seleção de um conceito num processo de desenvolvimento. Sugerimos que se considere estas incertezas associadas às abordagens de pesquisa baseada em atributos e que as empresas deveriam carregar múltiplos conceitos até a construção de protótipos, prontos para a análise mais acurada dos consumidores”. SRINIVASAN *et al.* (1997).

2.3 CATÁLOGO DE ASPECTOS DEFINIDORES/DIFERENCIADORES DAS DUAS ABORDAGENS DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA: “POINT-BASED” E “SET-BASED” E CONDIÇÕES DE PROJETO.

São muitos os aspectos ou situações de projeto em que podemos observar diferenças entre os conceitos, filosofias e aplicações das

duas abordagens pesquisadas de gestão da engenharia simultânea. Esta seção busca identificá-los de forma a criar, assim, um catálogo que mostrar-se-ia de grande utilidade para o esforço de modelagem, que se busca, com o objetivo de comparar os desempenhos das duas abordagens de engenharia simultânea em questão: “point-based” e o “set-based”.

A modelagem das duas abordagens partiria de tais aspectos ou situações, utilizando-os como base para as comparações entre os desempenhos das duas abordagens de gestão da engenharia simultânea.

De início, podemos citar o processo de seleção de alternativas possíveis para dar início ao processo de desenvolvimento é um aspecto que apresenta-se de formas diferentes segundo as duas abordagens da engenharia simultânea.

A abordagem “set-based” seleciona um conjunto de alternativas e o conduz durante o processo de desenvolvimento. No caso da Toyota, SOBEK (1997) afirma que as são escolhidas depois de uma boa pesquisa, conduzida pelo “chief engineer” (líder peso pesado do time) sobre as necessidades dos consumidores além de “feedbacks” em relação ao desempenho do último produto lançado no mercado.

Posteriormente, cada departamento ou função da empresa busca um conjunto de alternativas viáveis, do ponto de vista técnico, para o respectivo sub-sistema. Tal busca é feita em cima do “check-list” que contém as experiências e o aprendizado passados em relação àquele sub-sistema. O desenvolvimento é conduzido sobre a intersecção dos conjuntos viáveis de cada um dos sub-sistemas.

Em sua pesquisa realizada na Chrysler, SOBEK (1997) encontrou um processo de levantamento de alternativas que privilegia a criatividade e a integração das várias equipes do projeto. No entanto, tão logo se tem algumas alternativas em mãos, já é feita a escolha pela condução de uma delas, aquela que aparenta satisfazer e preencher a maior parte dos requisitos de projeto. SOBEK (1997) cita o método de seleção de alternativas desenvolvido por PUGH (1991) como uma das ferramentas mais utilizadas no momento da escolha do conceito a ser desenvolvido. O Quadro 2.1 abaixo nos apresenta as diferenças entre as duas abordagens de gestão da engenharia simultânea com respeito à seleção de alternativas iniciais para o conceito do produto.

QUADRO 2.1: ASPECTOS DO PROCESSO DE SELEÇÃO INICIAL DE ALTERNATIVAS NAS DUAS ABORDAGENS DE GESTÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA.

	SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS P/ CONCEITO	
	PROCESSO DE SELEÇÃO	IDÉIAS CONTEMPLADAS (CRITÉRIO DE DECISÃO)
PONTO-A-PONTO	+ DESCENTRALIZADO + "BRAINSTORMING" + CRIATIVIDADE + VÁRIAS IDÉIAS	+ ÚNICA IDÉIA (MELHOR) + DECISÃO BASEADA EM CRITÉRIOS COMO PUGH
BASEADA EM CONJ. DE ALTERNATIVAS	+ CENTRALIZADO NO ("CHIEF ENGINEER") + "CHECK-LIST" COM EXPERIÊNCIAS PASSADAS + VÁRIAS IDÉIAS TIDAS COMO VIÁVEIS	+ VÁRIAS IDÉIAS + INTERSECÇÃO DOS CONJUNTOS VIÁVEIS + IDÉIA CONSERVADORA + IDÉIAS COM CONCEITOS NÃO CORRELACIONADOS

Talvez o principal aspecto do projeto que diferencia melhor as filosofias de gestão da engenharia simultânea encontradas nas duas abordagens estudadas seja aquele relacionado à forma de condução ou busca do conceito que o produto deva ter. Enquanto o “point-based” conduz o processo de desenvolvimento sobre uma única alternativa de conceito buscando melhorá-la ao longo das etapas e com a chegadas de informações, o “set-based” conduz o processo com várias alternativas, todas viáveis a princípio, de sorte a convergir para aquela que se mostrar mais apropriada dos pontos de vistas técnico e de mercado. O Quadro 2.2 abaixo sintetiza as diferenças entre as duas abordagens sob este aspecto do processo de convergência no projeto.

QUADRO 2.2: ASPECTOS DO PROCESSO DE CONVERGÊNCIA OU BUSCA DO CONCEITO ÓTIMO EMPREGADOS PELAS DUAS ABORDAGENS DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA.

	PROCESSO DE CONVERGÊNCIA	
	CONJUNTO VIÁVEL	IDÉIA ESCOLHIDA
PONTO-A-PONTO	+ FRACO	+ FORTE
BASEADA EM CONJ. DE ALTERNATIVAS	+ FORTE + ANALÍTICO + INFORMAÇÕES	+ MELHORIA INCREMENTAL COM ITERAÇÕES AO LONGO DO PROCESSO + FRACO

Outra característica ou aspecto importante de projeto, encontrado na literatura, que permite enxergar diferença conceitual na aplicação em cada uma das duas abordagens está relacionado ao momento do

congelamento das especificações juntamente com o tipo e a qualidade da comunicação utilizada entre os membros do time.

O “point-based” se utiliza de uma política de comunicação precisa devido à tendência de um congelamento mais cedo das especificações enquanto o “set-based” procura praticar um congelamento mais tardio das especificações empregando, assim, um tipo de comunicação se menos preciso, porém de maior estabilidade e confiança ao longo do processo. O Quadro 2.3 abaixo nos apresenta os contrastes entre as duas abordagens sob os aspectos do congelamento e comunicação.

QUADRO 2.3: ASPECTOS DO CONGELAMENTO E DA COMUNICAÇÃO EMPREGADOS PELAS DUAS ABORDAGENS DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA.

	ASPECTOS DE	
	CONGELAMENTO	COMUNICAÇÃO
PONTO-A-PONTO	+ CEDO PARA EVITAR CONFUSÃO	+ PRECISA E ORAL + REUNIÕES FREQUENTES + TIME CO-LOCALIZADO > NECESSIDADE DE INTEGRAÇÃO E CONTROLE
BASEADA EM CONJ. DE ALTERNATIVAS	+ TARDE PARA APROVEITAR OPORTUNIDADES TÉCNICAS E DE MERCADO	+ ESTÁVEL E ESCRITA - REUNIÕES. SÓ QUANDO MUITO NECESSÁRIO. - TIME CO-LOCALIZADO < NECESSIDADE DE INTEGRAÇÃO E CONTROLE

A busca pelo desempenho ótimo de um sistema constituído de dois componentes que trabalham integrados e que se interrelacionam do ponto de vista técnico é um outro aspecto de projeto que deve ser levado em consideração, já que as duas abordagens se utilizam de táticas diferentes para obtê-lo.

O “set-based” busca encontrar um ótimo global através do mapeamento do desempenho do sistema todo através de várias combinações de testes com vários protótipos dos componentes envolvidos (para representar boa parte do conjunto de alternativas de cada componente) com a ajuda de algumas extrapolações quando necessário. Tais protótipos são construídos justamente para esta finalidade. O “point-based”, ainda que de forma integrada, busca ótimos separados para cada sub-sistema, sendo que os protótipos entram numa fase mais adiante e numa concepção de modelo ou para provar a suposta integridade do projeto. Neste momento, muitas vezes, pode-se ter surpresas quando se contrasta os desempenhos conseguido com aquele desejado, incorrendo-se em retrabalhos e atrasos. (SOBEK, 1997).

A concepção do “set-based” é mais rica e, conseqüentemente mais cara, já que busca uma grande quantidade de conhecimento (na fase inicial com construção de muitos protótipos) que pode ser utilizado não só pela equipe do atual projeto quanto por outras que virão, além de que permite a criação de uma opção de espera por revelações de incertezas técnicas e de mercado enquanto se acumula conhecimento e informações.

O Quadro 2.4 abaixo aponta os principais pontos de diferenças nas políticas de busca pelo desempenho ótimo de um sistema, composto por vários componentes que se interrelacionam, além daqueles referentes às

diferenças nas concepções de prototipização encontradas nas duas abordagens em estudo.

QUADRO 2.4: ASPECTOS DA POLÍTICA DE BUSCA PELO DESEMPENHO ÓTIMO DE UM SISTEMA (COMPONENTES INTERRELACIONADOS) E DA CONCEPÇÃO NO DESENVOLVIMENTO E UTILIZAÇÃO DE PROTÓTIPOS NAS DUAS ABORDAGENS DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA.

	POLÍTICA DE PESQUISA DE DESEMPENHOS EM SISTEMAS	
	BUSCA PELO ÓTIMO	EMPREGO DE PROTÓTIPOS
PONTO-A-PONTO	+ DIRECIONADA AOS ÓTIMOS DE CADA SUB-SISTEMA SEPARADAMENTE	+ TARDE + CONCEPÇÃO DE MODELO + PROVAR INTEGRIDADE DO PROJETO
BASEADA EM CONJ. DE ALTERNATIVAS	+ DIRECIONADA AO ÓTIMO GLOBAL, BUSCANDO MAPEAR O DESEMPENHO DO SISTEMA EM TODO O ESPAÇO DE PROJETO	+ CEDO + MAIOR QUANTIDADE + TESTES DE DESEMPENHO CRUZANDO-SE PROTÓTIPOS + MAPEAR DESEMPENHO NO ESPAÇO DE PROJETO

Há, ainda, o aspecto, encontrado em SOBEK(1997) e em CLARK & FUJIMOTO (1991), da integração da engenharia de produto com a manufatura além da concepção de importância desta última e seu consequente poder de decisão no âmbito do projeto.

CLARK & FUJIMOTO (1991) chamam a atenção para a falta de compromisso encontrada entre as várias equipes de projeto e o pessoal da manufatura na maior parte das empresas européias e americanas.

WARD *et al.* (1995) afirmam que a abordagem “point-based” não enxerga o devido valor que a manufatura desempenha e é vista como uma atividade secundária, onde os engenheiros de processo passam especificações para que, muitas vezes, empresas terceirizadas desenvolvam os moldes e prensas dentro das tolerâncias. Muitas vezes, as terceirizadas lucram com alterações que têm de fazer na manufatura como decorrência de mudanças na definição do produto. Tais situações são resultado de uma filosofia de gestão baseada na condução de uma única idéia.

Por outro lado, a gestão pela abordagem “set-based” contempla várias alternativas simultaneamente para todos os sub-sistemas inclusive o projeto e desenvolvimento da manufatura. Há, pois, a possibilidade de o pessoal da manufatura analisar e opinar sobre as melhores e mais baratas formas. O pessoal da definição do produto se interessa por ouvir as opiniões e experiências da manufatura num canal de comunicação de duas mãos.

É interessante notar que no “set-based”, encontrado por SOBEK (1997) na Toyota, existe a prática do “functional building” que é um ensaio de montagem de todo um conjunto de moldes para formar um perfil ou painel do automóvel. O “functional building” tem o objetivo de analisar as possibilidades que o pessoal da manufatura têm à disposição para construir todos os moldes necessários para criar um perfil. Examinado, encaixes, especificações e superfícies mais difíceis, decidem levando em consideração os custos e benefícios na construção dos moldes (ponderando a percepção dos consumidores). Neste sentido,

a manufatura tem um certo espaço de decisão no projeto, havendo um compromisso de qualidade e custos entre “upstream” e “downstream” encontrada em CLARK & FUJIMOTO (1991).

O Quadro 2.5 resume as principais diferenças entre as duas abordagens em relação à questão de como é visto o trabalho da manufatura, sua importância, como se integra ao trabalho de toda a equipe, poder de decisão da manufatura frente diferentes níveis de interrelação com o “upstream.

QUADRO 2.5: NÍVEIS DE INTERRELAÇÕES DA MANUFATURA COM A ENGENHARIA DE PRODUTOS E ASPECTOS DA IMPORTÂNCIA E PODER DA MANUFATURA ENCONTRADOS NAS DUAS ABORDAGENS DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA.

	PROJETO DA MANUFATURA	
	CONCEPÇÃO	PODER DE DECISÃO
PONTO-A-PONTO	+ SECUNDÁRIO + RESPEITA AS ESPECIFICAÇÕES DO UPSTREAM	- PODER, QUASE NULO + PASSIVIDADE + MUDANÇAS CARAS, DEMORADAS, DEPENDENDO DO NÍVEL DE INTERRELAÇÕES
BASEADA EM CONJ. DE ALTERNATIVAS	+ INTEGRADO, DUAS MÃOS + COMPROMISSOS DE CUSTO E QUALIDADE C/ TODA A EQUIPE + TENTATIVA/ERRO (“FUNCTIONAL BUILDING”), MOLDES LEVES E PREVISIBILIDADE	+ PODER + ANÁLISE CUSTO/BENEFÍCIO NA DECISÃO + GERANDO INFORMAÇÕES E ESPECIFICAÇÕES DE BAIXO P/ CIMA

Por último, mas não menos importante, há o aspecto encontrado em SOBEK (1997) sobre a natureza de complexidade do projeto. Projetos mais complexos, com mais interrelações entre componentes ou que se utilize de tecnologias relativamente novas ou desconhecidas parecem não apresentar bons resultados com o emprego da engenharia simultânea tradicional, ponto-a-ponto. O autor aponta o 'set-based' como a abordagem que seria mais apropriada para conduzir um projeto sob condições maiores de complexidade.

QUADRO 2.6: ASPECTOS DA COMPLEXIDADE E INCERTEZAS DO PROJETO E AMBIENTES DE NEGÓCIOS E APLICABILIDADE DAS DUAS ABORDAGENS DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA.

	APLICABILIDADE DE CADA UMA DAS ABORDAGENS	
	CONDIÇÕES DO PROJETO	CONDIÇÕES DO AMBIENTE DE NEGÓCIOS
<i>POINT-BASED</i>	<ul style="list-style-type: none"> • BAIXOS NÍVEIS DE INCERTEZA E COMPLEXIDADE TÉCNICAS. • CONCEITO INICIAL APRESENTA ALTAS CHANCES DE SUCESSO • MENOS INOVATIVO 	<ul style="list-style-type: none"> • MERCADOS CONSUMIDORES MENOS INCERTOS E MENOS EXIGENTES • MERCADOS MENOS DINÂMICOS EM RELAÇÃO A NOVOS PRODUTOS E TECNOLOGIAS
<i>SET-BASED</i>	<ul style="list-style-type: none"> • MAIORES NÍVEIS DE INCERTEZA E COMPLEXIDADE TÉCNICAS. • ALTERNATIVAS COM MENORES CHANCES DE SUCESSO • MAIS INOVATIVO 	<ul style="list-style-type: none"> • MERCADOS CONSUMIDORES MAIS INCERTOS E MAIS EXIGENTES • MERCADOS MAIS DINÂMICOS EM RELAÇÃO A NOVOS PRODUTOS E TECNOLOGIAS

2.4 REFERENCIAL TEÓRICO

Apesar de nossa pesquisa não se utilizar do conceito de preço reserva de WEITZMAN (1979), como fez DAHAN (1998) para obter os valores Esperados para as estratégias de prototipização em série e em paralelo, partimos da idéia central, encontrada em DAHAN (1998), de modelar o resultado do desenvolvimento de uma alternativa de projeto como um processo probabilístico dicotômico, com sucesso e fracasso.

No problema de obtenção de uma política ótima de busca analisado por WEITZMAN (1979), o autor considera haver muitas “caixas” que contêm, cada qual, um prêmio desconhecido e, portanto, encarados como variáveis aleatórias com distribuições de probabilidades não necessariamente iguais. Trabalhando com o conceito de “preço reserva” associado a cada “caixa”, o autor estabelece uma política ótima de busca através da regra de parar somente quando o prêmio que acabara de ser revelado (conteúdo da caixa que acabara de ser aberta) for superior ao preço reserva da próxima caixa na fila de busca, sendo que as caixas são dispostas com base num ordenamento decrescente de seus preços de reservas.

O preço reserva de uma caixa é uma espécie de variável que condensa várias informações a respeito do processo de busca na caixa em questão. Ele é calculado com base no custo de busca, na probabilidade de sucesso e prêmio médio (associado ao sucesso) da caixa em questão além, é claro, do fator de descapitalização utilizado para calcular o valor presente do prêmio.

O preço reserva é tido como um valor garantido, reservado antes de abrir a próxima caixa. Assim, o sucesso é definido como a revelação de um prêmio maior que o preço reserva, já que assegura-se o preço reserva no caso de o prêmio revelar-se inferior a tal valor. É como se, diante de um

revés (um prêmio que se revela baixo), pudéssemos retomar a abertura de uma outra caixa com as mesmas características da anterior em busca de um prêmio melhor e, assim, sucessivamente, até teoricamente infinitas caixas.

DAHAN (1998) estabelece a expressão do preço reserva para um conjunto de n protótipos (cada qual constituído por um único componente) que serão desenvolvidos em paralelo conforme apresentado na expressão 2.1 abaixo.

$$(2.1) \quad z_n = \frac{R(1 - (1 - p)^n) - nc}{1 - \beta(1 - p)^n}$$

onde:

- z_n é o preço reserva de um conjunto de n protótipos a serem testados em paralelo;
- R é o faturamento de mercado diante do lançamento do produto;
- p é a probabilidade de sucesso de cada um dos protótipos à disposição para serem testados;
- c é o custo de construção e teste de qualquer um dos protótipos;
- β é o fator de descapitalização;

Diante de tal expressão, DAHAN (1998) obtém o Valor Esperado da estratégia de prototipização em série, simplesmente substituindo $n=1$. Para obter o Valor Esperado da estratégia de prototipização em paralelo num ciclo único, o autor usa fator de descapitalização nulo ($\beta=0$) na expressão 2.1 acima, conforme resultado na expressão 2.2 abaixo.

$$(2.2) \quad z_n = R(1 - (1 - p)^n) - nc$$

DAHAN (1998) conclui, pois, ser a prototipização em série mais apropriada quando o fator de descapitalização é bastante alto e a prototipização em paralelo mais adequada se o fator de descapitalização for relativamente baixo.

WU(2000) emprega a expressão do Valor Esperado da prototipização em paralelo de DAHAN (1998) de ciclo único, apresentada na expressão 2.2 acima, para extendê-la e obter uma expressão para o Valor Esperado do resultado econômico, pelo *Set-Based*, de um produto constituído por dois componentes, conforme expressão 2.3 abaixo.

$$(2.3) E[\pi_{AB}] = R_A R_B \left(1 - (1 - p_A q_A)^{n_A}\right) \left(1 - (1 - p_B q_B)^{n_B}\right) - c_A n_A - c_B n_B$$

onde:

- R_A e R_B são os faturamentos de mercado relativos ao sucesso, respectivamente, do componente A e do componente B;
- p_A e p_B são as probabilidades de viabilidade de uma alternativa qualquer respectivamente, do componente A e do componente B;
- q_A e q_B são as probabilidades de integração de uma alternativa qualquer respectivamente, do componente A e do componente B;
- c_A e c_B são os custos de desenvolvimento de uma alternativa qualquer respectivamente, do componente A e do componente B;
- n_A e n_B são os números de alternativas, respectivamente, do componente A e do componente B, a serem desenvolvidas.

3 - MÉTODOS DE PESQUISA

Este capítulo apresenta uma discussão acêrca dos métodos utilizados na pesquisa. A primeira seção traz a discussão propriamente dita sobre os métodos utilizados além do delineamento da pesquisa, enquanto a segunda seção comenta as principais limitações dos métodos de pesquisa empregados.

3.1 ANÁLISE DOS MÉTODOS UTILIZADOS PARA A PESQUISA.

Os Métodos de Pesquisa empregados no trabalho podem ser considerados como preditivos com base na classificação encontrada em DANE (1990). Segundo o autor "o objetivo de uma pesquisa preditiva é o de identificar relações que nos permitam especular sobre um elemento com base no conhecimento de outros". Este tipo de pesquisa necessita de selecionar elementos (variáveis) pertinentes do fenômeno estudado e, com base no efetivo conhecimento e hipóteses essenciais à natureza do fenômeno, encontrar relações preditivas entre eles.

A variável de resposta é aquela que se quer prever enquanto as variáveis preditoras são aquelas que se imagina ser importantes na predição da resposta.

BABBIE (1998) sugere os passos a serem seguidos para a construção de conhecimento pelo método dedutivo: (1) especificar o tópico; (2) especificar adequadamente o tópico ou a situação, limitando-o e isolando-o de forma a poder caracterizá-lo muito bem para estudá-lo; (3) identificar e especificar os principais conceitos e variáveis envolvidos; (4) montar e descobrir relações, baseadas nos conceitos, entre as variáveis pertinentes ao fenômeno; (5) explicar e compreender os fatos e resultados obtidos no tópico estudado com base na teoria ou proposições iniciais.

As classificações e explicações sobre o método dedutivo encontradas em DANE (1990) e BABBIE (1998) adequam-se ao como se quer resolver as questões de pesquisa na seção 1.2 do capítulo 1.

Podemos, pois, compreender a natureza do método empregado no trabalho. Ele busca desenvolver e comprovar, empregando ferramentas lógicas como a linguagem da matemática, conhecimentos específicos, partindo-se de uma teoria e proposições maiores. Assim, o método possibilitaria desenvolver conhecimento sobre os desempenhos econômicos das duas abordagens de gestão da engenharia simultânea conhecendo-se todo o paradigma teórico em que se enquadram e, limitando-se e caracterizando-se adequadamente a situação em que se vai trabalhar.

3.2 LIMITAÇÕES DOS MÉTODOS DE PESQUISA.

Os métodos dedutivo ou preditivo apresentam um grande limitante que está intimamente relacionado às suas próprias naturezas filosóficas enquanto métodos de pesquisa científica e principalmente do entrosamento do pesquisador com o fenômeno estudado. O limite está no fato de que os métodos só conseguem estabelecer (deduzir) conhecimentos e relações a partir de hipóteses e de um conjunto de variáveis escolhidas como preditoras.

Porém, ainda que o pesquisador respeite os preceitos do método como as de utilizar-se de técnicas e raciocínio lógicos, os resultados, isto é as relações obtidas podem ficar comprometidas ou viesadas pelo fato de o pesquisador não ter, por exemplo, conseguido incorporar, com boa fidelidade, os principais conceitos ou naturezas do fenômeno ou ainda as variáveis preditoras mais importantes.

Desta forma o pesquisador deve, antes de lançar mão deste tipo de método, ter certeza de que tem um bom conhecimento sobre o fenômeno além de que está contemplando as principais variáveis e naturezas, conferindo, assim, uma boa dose da realidade do fenômeno ao modelo preditivo criado, senão de nada adiantará o esforço.

CAPÍTULO 4

MODELOS PARA PRODUTO COM UM COMPONENTE

Este capítulo apresenta o desenvolvimento dos modelos que representam o desempenho econômico do processo de desenvolvimento de um produto constituído de um único componente. São desenvolvidos dois modelos e posteriores extensões, cada qual com o objetivo de representar o desempenho econômico do processo de desenvolvimento gerido por ambas as abordagens *Set-Based* e *Point-Based* de Engenharia Simultânea.

As extensões aos modelos iniciais consideram os efeitos da possibilidade de o *Set-Based* ser repetido em ciclos e os efeitos do ganhos de produtividade que a equipe de projeto pode colher como resultado de aprendizagem.

A primeira seção do capítulo apresenta o problema a ser modelado. A segunda seção apresenta a modelagem de representação do desempenho econômico do desenvolvimento do produto pela abordagem *Point-Based* e apresentação dos resultados, enquanto a terceira seção apresenta a modelagem de representação do desempenho econômico do desenvolvimento do produto pela abordagem *Set-Based* e apresentação dos resultados.

A quarta seção apresenta uma comparação entre as duas abordagens e a obtenção da fronteira de separação entre as duas regiões onde cada uma das abordagens apresenta desempenho econômico superior à outra.

A quinta seção introduz o efeito da possibilidade de repetição em vários ciclos da abordagem *Set-Based* e analisa tal efeito sobre a fronteira de separação, obtida na seção anterior. Por último, a sexta seção analisa os efeitos da aprendizagem sobre a fronteira de separação.

4.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA A SER MODELADO.

O problema a ser modelado é o da comparação dos desempenhos econômicos das duas abordagens *Set-Based* e *Point-Based* quando empregadas na gestão do processo de desenvolvimento de um novo produto constituído por um único componente. Assim, neste caso, produto e componente se confundem. Uma alternativa de projeto, quando escolhida para ser desenvolvida, passa por todo um ciclo de sínteses, análises e testes que tem a capacidade de, ao seu final, revelar se a tal alternativa apresenta desempenho técnico e níveis de qualidade desejados ou não.

No caso do *Set-Based*, são conduzidas várias alternativas para serem desenvolvidas em paralelo. De certa forma, a comparação pode ser remetida ao catálogo de pesquisa, mais precisamente ao Quadro 2.2, do capítulo 2, que apresenta o aspecto do processo de

convergência ou busca do conceito ótimo utilizado por cada uma das abordagens *Set-Based* e *Point-Based*.

Imaginamos existir um faturamento potencial de mercado (R) que seria auferido pelo produto quando lançado. Para isto, seria, pois, necessário que o processo de desenvolvimento conferisse ao novo produto um nível mínimo de desempenho e qualidade exigidos pelo mercado. Assim, consideramos haver somente dois resultados para o faturamento: ou se auferir o faturamento potencial de mercado R diante do sucesso e posterior lançamento do produto ou não se auferir nada diante de insucessos no desenvolvimento.

Há incerteza sobre a possibilidade de uma alternativa qualquer de projeto vir a satisfazer o requisito mínimo de desempenho e qualidade e, conseqüentemente, auferir o faturamento (R) de mercado com o seu lançamento. Para que desvendemos o desempenho de uma alternativa qualquer há que se gastar um certo intervalo de tempo t_p e um custo c com o desenvolvimento de tal alternativa.

Consideramos que existem muitas alternativas de projeto à disposição da equipe, todas elas tendo de passar pelo processo de desenvolvimento como forma de se descobrir se satisfazem ou não ao requisito mínimo de desempenho/qualidade estipulado pelo mercado. É claro que diante de um primeiro sucesso, isto é, uma alternativa que se mostre satisfatória ao final do processo de desenvolvimento, a equipe finalizará seus trabalhos e o produto é imediatamente lançado no mercado.

Consideramos também que cada uma das alternativas de projeto disponíveis apresenta a mesma probabilidade (p) de

sucesso, isto é, a mesma probabilidade de, quando submetida ao processo de desenvolvimento, revelar-se como satisfatória quanto aos padrões mínimos requeridos de qualidade e desempenho técnicos exigidos pelo mercado e que tal sucesso de cada uma delas é estatisticamente independente do sucesso das outras. Além disto, o tempo e custo com o desenvolvimento de qualquer uma destas alternativas são sempre os mesmos e valem sempre, respectivamente, t_p e c , conforme já mencionado acima.

O problema tal como apresentado é o mesmo desenvolvido por DAHAN (1998), conforme apresentado na seção 2.4 do Referencial Teórico. Porém, nossos modelos não obtêm, como DAHAN (1998), os preços reservas através da metodologia de cálculo de WEITZMAN (1979) para a obtenção dos valores esperados. Isto devido ao fato de que, em nossos modelos, há a possibilidade do decréscimo do faturamento potencial de mercado (R) ao longo do tempo, dentro da óptica de uma janela de oportunidades de vendas para o novo produto a ser lançado.

Desta forma, temos de tratá-lo como um problema cujas características vão se alterando ao longo do tempo, ao longo dos vários ciclos de desenvolvimento. Assim, a cada final de ciclo de desenvolvimento, caso não obtido o sucesso, há uma nova decisão a ser feita: continuar com o desenvolvimento através do início de um novo ciclo ou parar. Podemos, pois levantar a distribuição de probabilidades para a ocorrência do sucesso no k -ésimo ciclo de desenvolvimento e, conseqüentemente a distribuição de probabilidades para o resultado econômico.

Isto nos dá a grande vantagem de, conhecendo a distribuição de probabilidades, obter não só os valores esperados mas

também as variâncias (desvios-padrão) e o números médios de ciclos de desenvolvimento para cada uma das abordagens *Set-Based* e *Point-Based*. As distribuições de probabilidades foram levantadas tanto para os modelos de desenvolvimento de produto de componente único quanto para os modelos de desenvolvimento de produtos constituídos por dois componentes que serão abordados no próximo capítulo.

Como já mencionado, nossos modelos contemplam a possibilidade do decaimento linear do faturamento (R) ao longo do tempo por considerarmos a existência de uma janela de oportunidades para as vendas do produto como uma forma de que os modelos contemplem uma dimensão competitiva do setor industrial e do ambiente de negócios do produto em questão. O raciocínio é o de que setores ou ambientes mais competitivos e dinâmicos tendem a apresentar ciclos de vidas menores para os produtos e, portanto, menores janelas de oportunidades para as vendas. Nestes ambientes, as empresas que sobrevivem são as que buscam empregar estratégias de aceleração do processo de desenvolvimento eficazes na diminuição do *time to market*.

Utilizamos, pois, em nossa modelagem a hipótese de que um atraso no lançamento do produto, tomado como base o instante de abertura da janela de oportunidades, provoca uma perda no faturamento potencial total de mercado. A perda no faturamento potencial inicial é proporcional ao tempo transcorrido desde o instante de abertura da janela (até o momento do lançamento) em relação à extensão de toda a janela de oportunidades. Tal hipótese é bastante plausível em mercados onde há

intensa renovação de modelos e produtos, conforme encontramos em SMITH & REINERTSEN, 1998:

“O tempo de mercado mede o tempo que levamos para reagir às oportunidades no mercado. Ele começa a correr quando surge a necessidade do consumidores e só termina quando tal necessidade é totalmente satisfeita. O tempo de mercado é implacável. Ele continua a passar independente de estarmos trabalhando no desenvolvimento do produto ou não e, a cada minuto estamos pagando o custo do atraso. Devemos colocar um valor financeiro para o tempo de desenvolvimento. Fazemos isto com o conceito do custo de atraso. Se descobrimos que o custo de atraso é pequeno então não precisamos investir grandes esforços. Porém, se ele for alto, então justifica-se o investimento em recursos e esforços para reduzir o tempo de desenvolvimento.”

Encontramos também em EISENHARDT, (1989) uma citação à importância do aproveitamento da janela de oportunidades:

“Em outubro de 1984, a Gavilan Computer faliu. Depois de que se investiu US\$ 31 milhões, a Gavilan experimentou uma demora e muita indecisão que acabaram por corroer as vantagens técnica e de mercado que a empresa detinha. O desenvolvimento da tecnologia de ponta transformou-se numa estratégia do tipo “me too” e os concorrentes acabaram por inundar o vazio daquele nicho de mercado. Quando a firma fechou, um executivo lamentou-se: ‘Perdemos a janela’ ”.

Por outro lado, de nada adiantaria fazer altos investimentos para lançar rapidamente um produto para o qual a janela de oportunidades ainda não tivesse sido aberta, conforme comenta ABELL(1978): “A alocação de fundos para os mercados deveriam coincidir com o período em

que a empresa e o mercado estejam na maior sintonia. Entrar num mercado em estágios muito iniciais de oportunidades pode se tornar um grave erro de gestão”.

Pelo motivo acima e, principalmente por motivos de facilidade de modelagem, fazemos coincidir, em nossos modelos, o instante de abertura da janela com o final do primeiro ciclo de desenvolvimento. Assim, se o sucesso ocorrer no primeiro ciclo e o produto for lançado já no instante t_1 , coincidindo hipoteticamente com a abertura da janela de oportunidades, auferir-se-á o faturamento (R) total de mercado, porém se o lançamento ocorrer instantes depois há uma perda no faturamento de mercado proporcional ao atraso do lançamento em relação ao instante de abertura da janela. O decréscimo é tal que o faturamento se anula se o produto for lançado no instante t_1+W , correspondente ao instante de fechamento da janela de oportunidades para o produto em questão.

Imaginemos que a janela de oportunidades para um produto qualquer apresente a extensão W . Nossos modelos a discretiza em números de ciclos de desenvolvimento para o produto considerado de forma a trabalhar com uma grandeza adimensional (w), isto é, a janela de oportunidades adimensional (w) representa a extensão de tempo em que há possibilidades de vendas, porém medida em números de ciclos de desenvolvimento do produto em questão. Esta é uma outra vantagem de nossas modelagens. Podemos trabalhar com a janela de oportunidades sem nos preocupar com o tempo médio do ciclo de desenvolvimento que depende, é claro, do produto em questão, simplesmente pela parametrização da janela de oportunidades (w). Podemos, então, analisar seus efeitos sobre os valores

esperados que resultam do processo de desenvolvimento e posterior lançamento do produto segundo as duas abordagens *Set-Based* e *Point-Based*.

O principal objetivo de nossas modelagens é o de determinar as condições de projeto, como probabilidade de sucesso custo e faturamento potencial de mercado, com aquelas relativas ao ambiente de negócios representadas pela janela de oportunidades que, em conjunto, estariam associadas a uma das abordagens (*Set-Based* ou *Point-Based*) de gestão do processo de desenvolvimento. Tal associação seria decorrente do simples fato de que quando um projeto com determinadas características apresentaria valor esperado superior quando conduzido por uma das abordagens, enquanto a outra abordagem estaria associada a outro conjunto bem determinado de condições de projeto e de ambiente de negócios. Tais associações ficam claras através da visualização gráfica de uma espécie de fronteira de separação, cuja obtenção desponta como um dos grandes objetivos desta pesquisa.

Depois de obter a fronteira entre as estratégias *Point-Based* e *Set-Based* analisamos o efeito sobre a fronteira da possibilidade de a estratégia *Set-Based* ser repetida caso não se consiga o sucesso no primeiro ciclo e, posteriormente, o efeito da diminuição do custo unitário de um novo ciclo de desenvolvimento devido ao aprendizado que a equipe realizou em ciclos anteriores.

4.2 MODELO DE REPRESENTAÇÃO DA ESTRATÉGIA PONTO-A-PONTO (*POINT-BASED*).

A estratégia *Point-Based* de conduzir o processo de desenvolvimento de um novo produto apresenta a característica básica de, escolhida uma alternativa de projeto, realizar várias análises e testes (que constituem um ciclo de desenvolvimento) até se que conheça adequadamente o seu desempenho para saber se satisfaz ou não as restrições mínimas de qualidade e desempenho impostas pelo mercado.

Na abordagem ponto-a-ponto, o time multidisciplinar é gerido de forma a trabalhar simultaneamente sobre uma única idéia de cada vez. Ocorre que a cada ciclo de desenvolvimento descobre-se que a idéia é parcial ou totalmente inviável do ponto de vista técnico e/ou de mercado. Assim tenta-se, num próximo ciclo, acertar tecnicamente de forma a satisfazer os requisitos mínimos para os atributos desejados pelo mercado.

4.2.1 NATUREZA DA BUSCA PELO SUCESSO PELA ABORDAGEM *POINT-BASED* E BASES PARA A MODELAGEM.

Tal processo iterativo continua até que ocorra o sucesso, isto é, o produto apresente características satisfatórias para ser lançado. Contudo, conforme vai se consumindo tempo e ciclos de

desenvolvimento, a janela de oportunidades vai se esvaindo e diminuindo o faturamento potencial de mercado que se poderia auferir.

É importante observar que é feita a hipótese de a janela de oportunidades se abrir no mesmo instante em que termina o primeiro ciclo de desenvolvimento do produto além, é claro, de que as abcissas representam os números de ciclos de desenvolvimento e a janela de oportunidades (w) utilizada é adimensional, como já comentado acima. A figura 4.1 abaixo nos apresenta tal representação para uma janela de oportunidades dez vezes maior que um ciclo de desenvolvimento do produto e um faturamento potencial inicial de mercado de $R=\$100$.

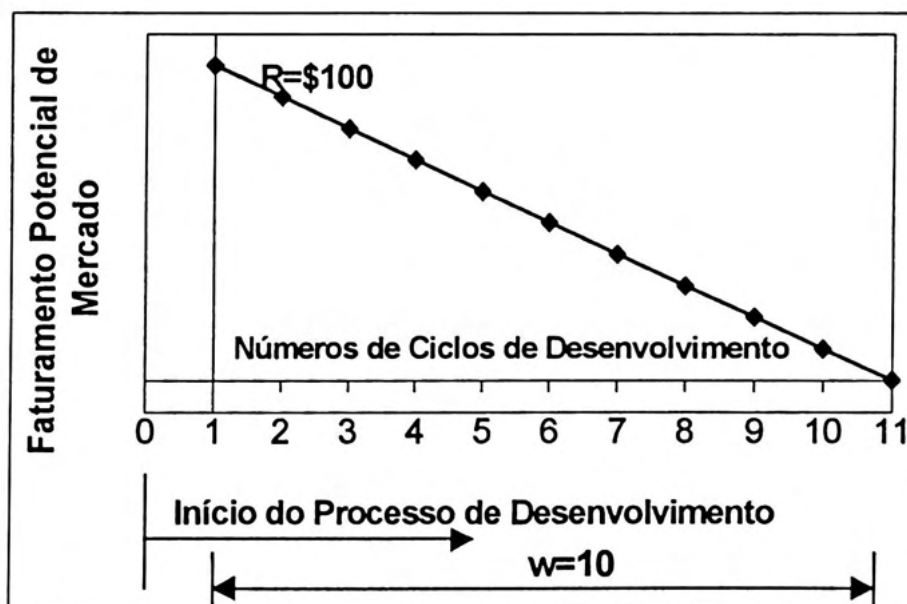


FIGURA 4.1: REPRESENTAÇÃO DO DECAIMENTO DO FATURAMENTO POTENCIAL DE MERCADO AO LONGO DO TEMPO (JANELA DE OPORTUNIDADES), DISCRETIZADO EM NÚMEROS DE CICLOS DE DESENVOLVIMENTO.

Se imaginarmos que uma alternativa de projeto apresente probabilidade de sucesso $p=80\%$, então, conforme a figura 4.1 acima, podemos observar que há uma chance de 80% de que a alternativa se apresente como satisfatória ao final do primeiro ciclo de desenvolvimento, situação na qual, auferir-se-á todo o faturamento $R=\$100$ de mercado.

Assim, se $c=\$1$ for o montante gasto num ciclo de desenvolvimento, então notamos que vale a pena conduzir a alternativa pelo primeiro ciclo de desenvolvimento, já que há um valor esperado do resultado econômico de $\$79$, conforme expressão 4.3 abaixo.

$$(4.3) \quad E[L_p] = pR - c = \$79$$

onde:

L_p é o resultado econômico auferido pela abordagem *Point-Based*;

p é a probabilidade de sucesso da alternativa de projeto;

R é o faturamento potencial inicial de mercado, e

c é o custo incorrido num ciclo de desenvolvimento do produto.

A Figura 4.2 abaixo nos apresenta a representação, em árvore, da decisão de conduzir a alternativa ao primeiro ciclo de desenvolvimento, nas condições do exemplo enunciado acima.

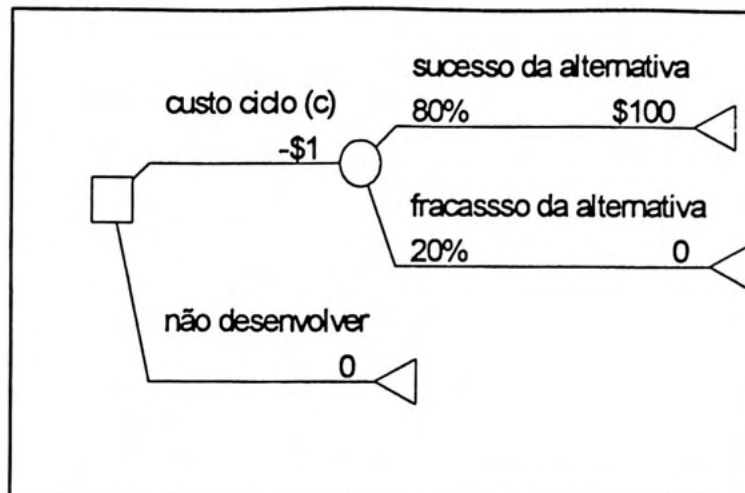


FIGURA 4.2: REPRESENTAÇÃO, EM ÁRVORE, DA DECISÃO DE INICIAR O PRIMEIRO CICLO DE DESENVOLVIMENTO, ONDE INCORRER-SE-IA NUM CUSTO $c=\$1$, DE UMA ALTERNATIVA DE PROJETO COM PROBABILIDADE DE SUCESSO $p=80\%$ E FATURAMENTO POTENCIAL INICIAL DE MERCADO DE $R=\$100$.

A figura 4.3 abaixo nos apresenta a solução obtida com o *software* DPL (a decisão tomada) e o valor esperado ($\$79$) resultante para a decisão apresentada na figura 4.2 acima.

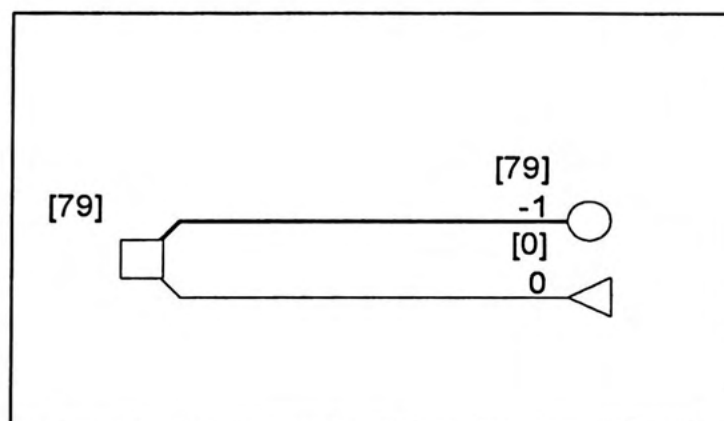


FIGURA 4.3: SOLUÇÃO, OBTIDA NO DPL, PARA A DECISÃO DE SE ADENTRAR AO PRIMEIRO CICLO DE DESENVOLVIMENTO DE UMA ALTERNATIVA DE PROJETO QUE APRESENTA PROBABILIDADE DE SUCESSO $p=80\%$, FATURAMENTO POTENCIAL INICIAL DE MERCADO DE $R=\$100$ E CUSTO DE DESENVOLVIMENTO $c=\$1$, CONFORME APRESENTADO NA FIGURA 4.2.

A expressão 4.4 abaixo nos apresenta o cálculo da variância do resultado econômico ($V(L_p)$).

$$(4.4) \quad V(L_p) = E(L_p - E(L_p))^2 = E(L_p^2) - E(L_p)^2$$

A expressão 4.5 abaixo nos apresenta o cálculo de $E(L_p^2)$.

$$(4.5) \quad E(L_p^2) = l_{PS}^2 p(l_{PS}) + l_{PF}^2 p(l_{PF})$$

onde:

l_{PS} é o resultado econômico caso o sucesso ocorra no primeiro ciclo de desenvolvimento, gerido pela abordagem *Point-Based*;

l_{PF} é o resultado econômico caso o sucesso não tenha ocorrido no primeiro ciclo de desenvolvimento, gerido pela abordagem *Point-Based*;

$p(l_{PS})$ é a probabilidade de o sucesso ocorrer no primeiro ciclo de desenvolvimento, gerido pela abordagem *Point-Based*;

$p(l_{PF})$ é a probabilidade de o sucesso não ter ocorrido no primeiro ciclo de desenvolvimento, gerido pela abordagem *Point-Based*;

A figura 4.4 abaixo nos apresenta a decisão em árvore apropriada para o cálculo de $E(L_p)$. Podemos observar que a árvore é equivalente àquela apresentada na figura 4.2 acima, resultando, pois, no mesmo valor esperado $E(L_p) = \$79$.

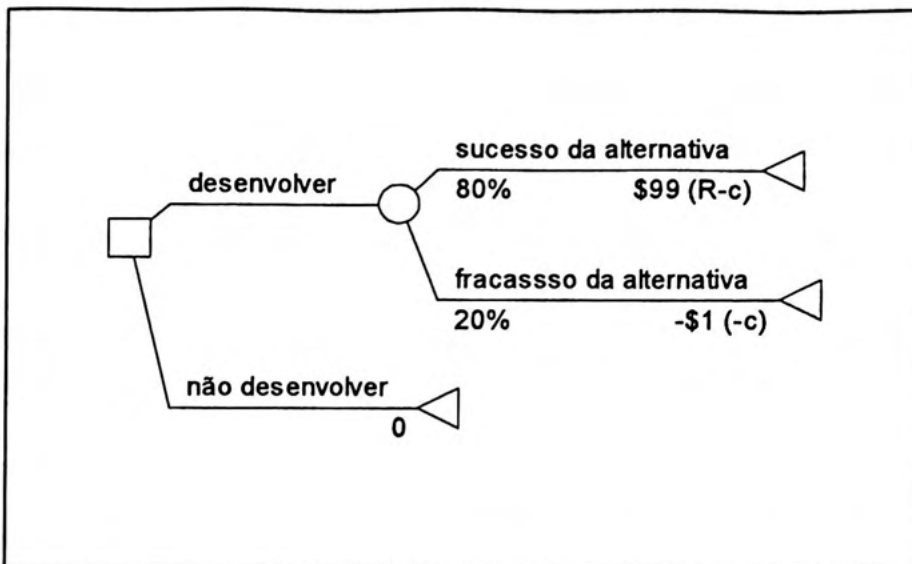


FIGURA 4.4: REPRESENTAÇÃO, EM ÁRVORE, APROPRIADA PARA O CÁLCULO DA VARIÂNCIA DO RESULTADO ECONÔMICO PROVENIENTE DA DECISÃO DE SE ADENTRAR AO PRIMEIRO CICLO DE DESENVOLVIMENTO, ONDE INCORRER-SE-IA NUM CUSTO $c=\$1$, DE UMA ALTERNATIVA DE PROJETO COM PROBABILIDADE DE SUCESSO $p=80\%$ E FATURAMENTO POTENCIAL INICIAL DE MERCADO DE $R=\$100$.

Com base nos dados em cada tramo da árvore da figura 4.4 acima, podemos obter o cálculo de $E(L_p^2)$, conforme expressão 4.5 acima:

$$E(L_p^2) = 99^2 * (80\%) + (-1)^2 * (20\%) = 7841$$

Podemos, agora, calcular a variância do resultado econômico, empregando a expressão 4.4 acima:

$$V(L_p) = E(L_p^2) - E(L_p)^2 = 7841 - 79^2 = 1600$$

Resultando, pois, num desvio-padrão de \$40.

4.2.2 PROPOSIÇÕES SOBRE OS PARÂMETROS DO MODELO REPRESENTATIVO DA ABORDAGEM *POINT-BASED*.

Algumas proposições sobre os parâmetros deste nosso modelo representativo do resultado econômico de um processo de desenvolvimento de produto gerido pela abordagem *Point-Based* precisam ser estabelecidas. Tal modelo consiste, como já mencionado acima, em se levantar a distribuição de probabilidades para as variáveis aleatórias primeiro sucesso e resultado econômico proveniente do processo de desenvolvimento e posterior lançamento do produto no mercado. O sucesso é definido quando uma alternativa de projeto atingir os níveis mínimos de qualidade e desempenho impostos pelo mercado. Enquanto o desenvolvimento de uma alternativa qualquer não resultar um produto que satisfaça tais exigências mínimas, não haverá lançamento e a equipe se defronta com uma nova decisão: o de prosseguir com o desenvolvimento e iniciar um novo ciclo desenvolvendo uma outra alternativa de projeto.

A cada nova tentativa ou ciclo de desenvolvimento, uma nova alternativa de projeto é candidata a ser desenvolvida. Há sempre uma probabilidade de que, ao final do ciclo de desenvolvimento, tal alternativa desponte como satisfatória. De certa forma, tal probabilidade representa os níveis de incertezas sobre se seu desempenho técnico satisfará as exigências mínimas imposta pelo mercado. Com relação à esta probabilidade (p) de sucesso construímos a primeira proposição do modelo.

PROPOSIÇÃO 1: Visando a uma maior facilidade de modelagem, a probabilidade p de sucesso é considerada a mesma para cada uma das alternativas de projeto disponíveis à equipe, além de que o sucesso/fracasso de qualquer uma delas são eventos estatisticamente independentes do sucesso/fracasso de qualquer outra. A parametrização da probabilidade de sucesso é feita de forma a cobrir todo o intervalo de 0 até 1, com intervalos de 0,05.

É pertinente salientar que, diante desta primeira proposição de que cada alternativa e , portanto cada ciclo de desenvolvimento, apresenta a mesma probabilidade p de sucesso, reconhecemos, pois, como geométrica a distribuição de probabilidades da ocorrência do primeiro sucesso (ciclo em que ocorrerá o sucesso) tanto quanto do resultado econômico no processo.

A cada novo ciclo de desenvolvimento gasta-se uma quantia c com o desenvolvimento de toda e qualquer alternativa de projeto. Neste primeiro modelo, não se considera a possibilidade de diminuição do custo (c de um ciclo qualquer) como efeito do aprendizado que a equipe possa ter realizado com o desenvolvimento das alternativas anteriores.

PROPOSIÇÃO 2: Toda e qualquer alternativa apresenta o mesmo custo c para ser desenvolvida num ciclo qualquer. Levanta-se, pois, a proposição de que não há alteração na quantidade/qualidade dos recursos alocados para o processo, nem do time, ao longo dos vários ciclos de desenvolvimento. Não estão sendo considerados também ganhos, nos custos ou no tempo médio do ciclo, como decorrência de eventuais aprendizados e nem tampouco eventuais incrementos de dificuldades ou complexidade ao longo dos ciclos. A relação

c/R apresentada é parametrizada no modelo, conforme apresentado na Proposição 5 abaixo.

Considera-se haver uma janela de oportunidade para as vendas do produto que se abre exatamente ao final do primeiro ciclo de desenvolvimento e se fecha um certo número de ciclos adiante, medidos por w .

PROPOSIÇÃO 3: A extensão w da janela de oportunidades para as vendas do produto é um adimensional, isto é, é expressa em número de ciclos de desenvolvimento, sendo que a abertura da janela coincide com o final do primeiro ciclo de desenvolvimento.

O modelo contempla um decréscimo linear, ao longo dos ciclos, do faturamento potencial de mercado que poderia ser auferido com o sucesso, isto é, como consequência do lançamento de uma alternativa que acabara de se mostrar satisfatória no último ciclo de desenvolvimento.

PROPOSIÇÃO 4: O faturamento potencial inicial de mercado R , associado a um dado nível mínimo de desempenho e qualidade do produto, está à disposição da empresa se e somente se o produto for lançado logo na abertura da janela, explorando assim toda a extensão da janela de oportunidade de vendas, caso contrário a receita potencial decresceria linearmente até se anular, caso em que o produto ideal chegasse ao mercado somente ao final da janela.

De forma a facilitar a posterior análise dos resultados, utilizamos o parâmetro c/R nos modelos. Assim, c/R apresenta a relação de quanto o custo com o desenvolvimento de uma alternativa (num ciclo) representa no faturamento potencial inicial de mercado.

PROPOSIÇÃO 5: Os modelos parametrizam a relação c/R , como forma de facilitar as modelagens e também a análise dos resultados.

A Tabela 4.1 abaixo nos apresentam alguns valores relativos a projetos de alguns produtos bem conhecidos, produzidos por indústrias um tanto diferentes. Tais valores foram encontrados em ULRICH & EPPINGER (2000).

TABELA 4.1: DADOS RELATIVOS A PROJETOS DE ALGUNS PRODUTOS.

	Ferramenta Rollerblade Stanley	HP Deskejet	New Beetle	Boeing-777
Volume Produção Anual	100000	100000	4000000	50
Ciclo de Vida (anos)	40	3	2	30
Preço	3	200	300	17000 130000000
Componentes	30	35	200	10000 130000
Tempo Desenv. (Anos)	1	2	1,5	3,5 4,5
Time Interno (pessoas)	3	5	100	800 6800
Time Externo (pessoas)	3	10	75	800 10000
Custo Desenvolvimento (em \$mil)	150	750	50000	400000 3000000
Investimento na Produção (\$mil)	150	1000	25000	500000 3000000

FONTE: ULRICH & EPPINGER, (2000)

Sem incorrer em erros muito grosseiros, poderíamos obter uma estimativa do Faturamento potencial inicial de mercado multiplicando o Volume de Produção Anual pelo Ciclo de Vida e também pelo Preço do produto para cada um dos produtos apresentados na Tabela 4.1 acima. Posteriormente, ao dividirmos o Custo de Desenvolvimento pelo Faturamento que acabamos de obter, teremos uma estimativa da relação c_T/R , com c_T representando o Custo Total de Desenvolvimento, já que o Custo apresentado na Tabela 4.1 acima deve ser considerado como tal. Tais resultados são apresentados na Tabela 4.2 abaixo.

A Tabela 4.2 também traz estimativas sobre a extensão w (adimensional) da janela de oportunidades obtida através da divisão do Ciclo de Vida pelo Tempo de Desenvolvimento dos projetos apresentados na Tabela 4.1 acima.

TABELA 4.2: FATURAMENTO INICIAL POTENCIAL DE MERCADO (R), RELAÇÃO c_T/R E EXTENSÃO DA JANELA DE OPORTUNIDADES (w) PARA PROJETOS DE PRODUTOS APRESENTADOS NA TABELA 4.1.

	Ferramenta Rollerblade Stanley	HP Deskejet	New Beetle	Boeing-777
Faturamento Potencial Inicial de Mercado (R) (em \$ milhões)	12	60	2400	195000
c_T/R	0,0125	0,0125	0,021	0,039
w	40	1,5	1,33	6,67

FONTE: CALCULADA A PARTIR DA TABELA 4.1.

Como a Tabela 4.1 não informa o número de iterações ou retrabalhos (ciclos) no desenvolvimento dos produtos, resolvemos, pois, adotar, com base nas relações c_T/R dos projetos, alguns valores para o parâmetro c/R (c é o custo de um ciclo de desenvolvimento) utilizado em nossas modelagens. Os valores de c/R utilizados são 0,001; 0,005; 0,01 e 0,05, de forma a cobrir um intervalo bastante pertinente aos projetos apresentados na Tabela 4.2 acima. A parametrização para a extensão da janela de oportunidades também é feita de forma a cobrir aquelas encontrados nos projetos, conforme Tabela 4.2 acima. Assim, w é parametrizado em $w=1$; $w=2$; $w=5$; $w=10$ e $w=50$.

4.2.3 MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO, DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADES E VARIÂNCIA DO RESULTADO ECONÔMICO PARA A ABORDAGEM *POINT-BASED*.

Não tendo ocorrido o sucesso no primeiro ciclo de desenvolvimento, isto é, caso a alternativa de projeto escolhida para ser desenvolvida no primeiro ciclo não tenha apresentado desempenhos satisfatórios, ainda haveria a possibilidade de decisão de se se deve continuar com o processo de desenvolvimento adentrando, agora, com uma nova alternativa de projeto para ser desenvolvida num segundo ciclo.

Novamente, a decisão deve ser tomada entre duas alternativas de decisão: o de desistir do processo de desenvolvimento ou adentrar ao segundo ciclo e, não receber nada caso a alternativa de projeto, depois de seu desenvolvimento, revele-se insatisfatória ou, então, auferir o faturamento total de mercado caso o desenvolvimento tenha sido um sucesso.

Porém, como já teria corrido um espaço de tempo igual ao de um ciclo de desenvolvimento desde a abertura da janela, o faturamento potencial de mercado não seria mais $R=\$100$, mas sim de $R_2=\$90$, utilizando os parâmetros do exemplo analisado na seção 4.2.1 acima. A expressão 4.6 abaixo nos apresenta o valor do faturamento potencial de mercado ao longo do tempo, ou melhor, do número k de ciclos de desenvolvimento transcorridos.

$$(4.6) \quad R_k = R \left[1 - \left(\frac{k-1}{w} \right) \right]$$

onde:

- R_k é o faturamento potencial de mercado ao final do k-ésimo ciclo de desenvolvimento;
- R é o faturamento potencial inicial, isto é, no momento de abertura da janela de oportunidades;
- k é o número de ciclos de desenvolvimento já executados até então.

A figura 4.5 abaixo nos mostra que vale a pena adentrar ao segundo ciclo, diante do fracasso no primeiro ciclo, com uma nova alternativa de projeto para ser desenvolvida, já que, ainda espera-se nesta situação um resultado de \$71.

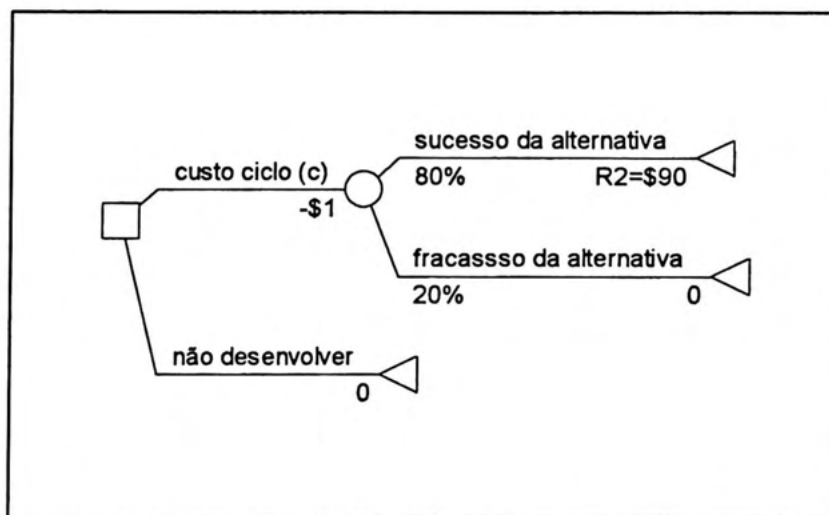


FIGURA 4.5: REPRESENTAÇÃO, EM ÁRVORE, DA DECISÃO DE INICIAR O SEGUNDO CICLO DE DESENVOLVIMENTO DIANTE DE UM FRACASSO NO PRIMEIRO CICLO. O CUSTO É $c=\$1$, A PROBABILIDADE DE SUCESSO É $p=80\%$ E FATURAMENTO POTENCIAL DE MERCADO AO FINAL DO SEGUNDO CICLO DE $R_2=\$90$.

O cálculo do Valor Esperado de \$93,2 para a abordagem *Point-Based* levando-se em consideração as duas decisões em sequência, isto é, com a possibilidade de se realizar uma segunda tentativa diante do fracasso no primeiro ciclo, pode ser facilitado pela árvore apresentada na figura 4.6 abaixo.

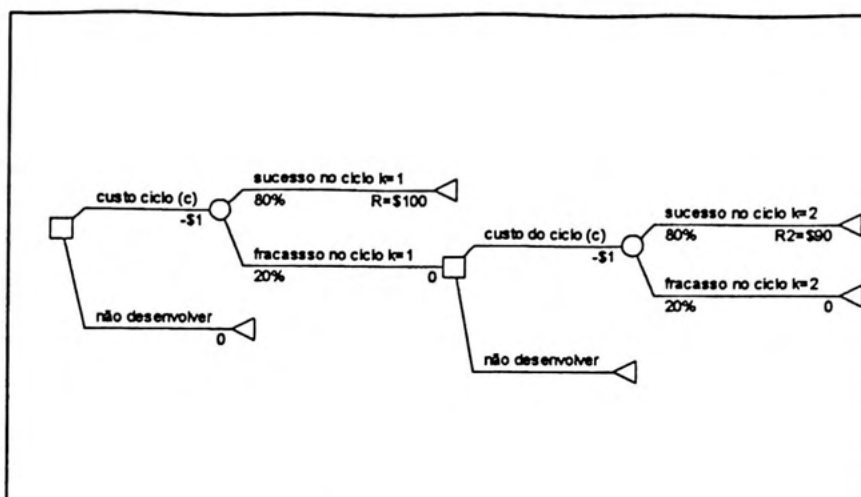


FIGURA 4.6: REPRESENTAÇÃO, EM ÁRVORE, DA DECISÃO SEQUENCIAL DE INICIAR O SEGUNDO CICLO DE DESENVOLVIMENTO DIANTE DE UM FRACASSO NO PRIMEIRO CICLO, SENDO $c=\$1$, $p=80\%$, $R=\$100$ E $w=10$.

Com base nos parâmetros do exemplo em questão, podemos observar que só não valerá a pena adentrar ao décimo primeiro ciclo, já que o que se poderia auferir ($R_{11}=0$) seria menor que o custo investido ($c=\$1$).

A expressão 4.7 abaixo nos apresenta o critério para a continuidade do processo de desenvolvimento, isto é, o de adentrar a um novo ciclo k qualquer.

$$(4.7) \quad pR \left[1 - \left(\frac{k-1}{w} \right) \right] > c$$

Decorre, da expressão 4.7 acima, que não se deve adentrar ao k -ésimo ciclo de desenvolvimento se k não satisfizer a restrição apresentada na expressão 4.8 abaixo.

$$(4.8) \quad k < w \left(1 - \frac{c}{pR} \right) + 1$$

Para nosso exemplo, notamos serem viáveis todo e qualquer ciclo de desenvolvimento k tais que $k < 10,88$. Assim, não se deveria adentrar ao ciclo de número 11. A expressão 4.9 apresenta, pois, o número k^* máximo de ciclos de desenvolvimento, isto é, o número de ciclos que maximiza o Valor Esperado $E(L_p)$, considerando-se as várias decisões em sequência. Notamos, é claro, que k^* é o inteiro menor mais próximo do valor da restrição que aparece na expressão 4.8 acima.

$$(4.9) \quad k^* < w \left(1 - \frac{c}{pR} \right) + 1; k^* \in Z$$

Com os objetivos de obter a distribuição de probabilidades para o resultado econômico numa forma que possibilite o cálculo de sua variância, utilizamos a árvore apresentada na figura 4.7 abaixo. Podemos observar que a árvore da figura 4.7 é equivalente àquela da figura 4.6 acima gerando o mesmo Valor Esperado de \$93,2. Notamos, porém, que não consideramos a decisão de adentrar ao terceiro ciclo de desenvolvimento.

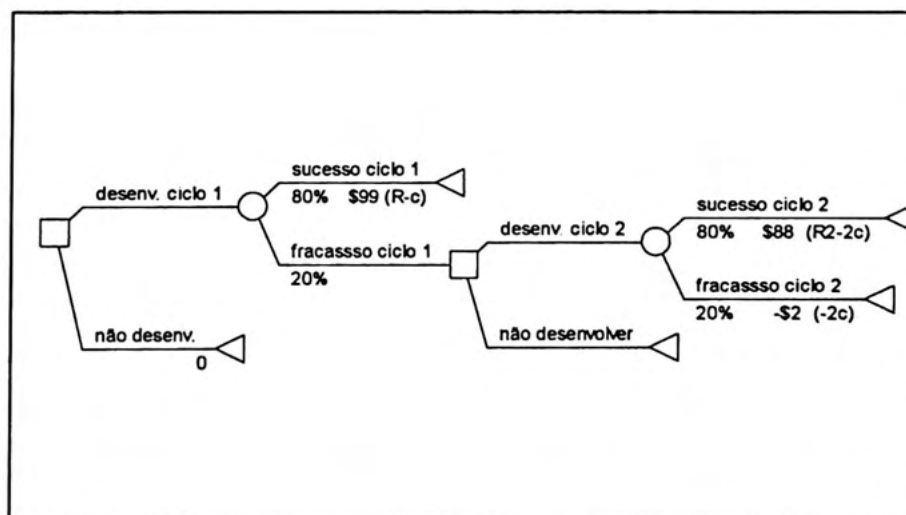


FIGURA 4.7: REPRESENTAÇÃO, EM ÁRVORE, DA DECISÃO SEQUENCIAL DE INICIAR O SEGUNDO CICLO DE DESENVOLVIMENTO DIANTE DE UM FRACASSO NO PRIMEIRO CICLO, SENDO $c=\$1$, $p=80\%$, $R=\$100$ E $w=10$.

A visualização da figura 4.7 acima nos permite levantar o Quadro 4.1 abaixo, o qual nos apresenta as probabilidades simples de ocorrência do primeiro sucesso no primeiro e segundo ciclos e também o complementar da soma delas, isto é, a probabilidade de o sucesso não ter ocorrido no primeiro nem no segundo ciclos. Esta probabilidade (o complementar) e o respectivo resultado econômico associado a ela devem também ser considerados nos cálculos do Valor Esperado e da Variância do Resultado Econômico.

QUADRO 4.1: RESULTADOS ECONÔMICOS $I_p(k)$ E RESPECTIVAS PROBABILIDADES PARA O EXEMPLO EM QUESTÃO, CONSIDERANDO-SE SOMENTE DOIS CICLOS DE DESENVOLVIMENTO.

k	$p(I_p(k))$	$I_p(k)$ (\$)
1	$p = 80\%$	$R - c = 99$
2	$p(1 - p) = 16\%$	$R(1 - \frac{1}{w}) - 2c = 88$
3	$(1 - p)^2 = 4\%$	$-2c = -2$

Onde:

- k é o número do ciclo de desenvolvimento onde pode ocorrer o primeiro sucesso. É importante notar que $k=3$, neste caso, representaria o evento complementar, isto é, de o sucesso não ter ocorrido nos dois primeiros ciclos de desenvolvimento. Utilizamos tal artifício de forma a facilitar as expressões matemáticas do Valor Esperado e Variância em somatórios;
- $I_p(k)$ é o resultado econômico auferido caso o sucesso tenha ocorrido no k -ésimo ciclo de desenvolvimento, e
- $p(I_p(k))$ é a probabilidade de ocorrência do resultado econômico $I_p(k)$, decorrente do fato de o primeiro sucesso ocorrer no k -ésimo ciclo de desenvolvimento.

A expressão 4.10 abaixo nos apresenta o cálculo do Valor esperado $E(L_p)$ considerando-se somente as decisões de se adentrar aos dois primeiros ciclos de desenvolvimento, conforme exemplo em questão apresentado no Quadro 4.1 acima.

$$(4.10) \quad E(L_p) = \sum_{k=1}^3 l_p(k) p(l_p(k))$$

Utilizando os valores já obtidos no Quadro 4.1 acima ou pela visualização da figura 4.7 acima, podemos facilmente obter o Valor Esperado de \$ 93,2 pela expressão 4.10. A Variância do resultado econômico $V(L_p)=393,76$ pode ser obtida pela expressão 4.11 abaixo.

$$(4.11) \quad V(L_p) = \sum_{k=1}^3 l_p^2(k) p(l_p(k)) - E^2(L_p)$$

Conhecendo o número máximo de ciclos viáveis na estratégia de Point-Based, dado pela expressão 4.9 acima, que levará à obtenção do Valor Esperado Máximo, podemos estabelecer a distribuição de probabilidades para um caso qualquer, bem como as expressões para os cálculos do Valor Esperado, ora otimizado, da Variância e do número médio de ciclos até a ocorrência do primeiro sucesso, ou simplifadamente denominado por *Time-To-Market*. O Quadro 4.2 abaixo nos apresenta a distribuição de probabilidades para a abordagem *Point-Based*, já considerado o critério de parada que maximiza o Valor Esperado. Utilizamos as expressões dos resultados econômicos com base na relação c/R , conforme proposição 5 apresentada na seção 4.2.2 acima. Assim, os resultados econômicos representam sempre parcelas do faturamento potencial inicial de mercado (R).

QUADRO 4.2: RESULTADOS ECONÔMICOS ($l_p(k)/R$) PARA A ABORDAGEM POINT-BASED E RESPECTIVAS PROBABILIDADES, CONSIDERANDO-SE O NÚMERO k^* ÓTIMO DE CICLOS DE DESENVOLVIMENTO.

k	$p(l_p(k)/R)$	$l_p(k)/R$ (\$)
1	p	$1 - \frac{c}{R}$
2	$p(1-p)$	$(1 - \frac{1}{w}) - 2\frac{c}{R}$
3	$p(1-p)^2$	$(1 - \frac{2}{w}) - 3\frac{c}{R}$
⋮	⋮	⋮
k^*	$p(1-p)^{k^*-1}$	$(1 - \frac{(k^*-1)}{w}) - k^* \frac{c}{R}$
k^*+1	$(1-p)^{k^*}$	$-k^* \frac{c}{R}$

Onde:

- k é o número do ciclo de desenvolvimento onde pode ocorrer o primeiro sucesso, sendo que ele ainda não tenha ocorrido nos $(k-1)$ ciclos anteriores;
- k^* representa o último ciclo viável para desenvolvimento, conforme critério de parada apresentado pela expressão 4.9 acima;
- k^*+1 representa o evento de não ter ocorrido o sucesso nos k^* primeiros ciclos de desenvolvimento. Tal notação é utilizada de forma a facilitar as expressões em somatórios para o Valor Esperado e para a Variância;
- $l_p(k)/R$ é o resultado econômico em relação ao faturamento potencial inicial de mercado R , auferido caso o sucesso tenha ocorrido no k -ésimo ciclo de desenvolvimento, e
- $p(l_p(k))$ é a probabilidade de ocorrência do resultado econômico $l_p(k)/R$, decorrente do fato de o primeiro sucesso ocorrer no k -ésimo ciclo de desenvolvimento.

As expressões 4.12 e 4.13 apresentam, respectivamente, os cálculos do Valor Esperado e da Variância do resultado econômico em relação ao faturamento potencial inicial de mercado R . Na sequência, a expressão 4.14 apresenta a obtenção do *Time-to Market*. Notamos (pelo símbolo*), que todas as expressões (4.12, 4.13 e 4.14) consideram o critério de continuidade do desenvolvimento até o k^* -ésimo ciclo, que maximiza o Valor Esperado.

$$(4.12) \quad E^* \left(\frac{L_p}{R} \right) = \sum_{i=1}^{(k^*+1)} \frac{l_p(i)}{R} p \left(\frac{l_p(i)}{R} \right)$$

$$(4.13) \quad V^* \left(\frac{L_p}{R} \right) = \sum_{i=1}^{k^*+1} \left(\frac{l_p(i)}{R} \right)^2 p \left(\frac{l_p(i)}{R} \right) - \left(E \left(\frac{L_p}{R} \right) \right)^2$$

$$(4.14) \quad E^*(k) = TTM = \frac{\sum_{k=1}^{k^*} k p(k)}{\sum_{k=1}^{k^*} p(1-p)^{k-1}}$$

- TTM é o valor esperado do número de ciclos até a ocorrência do primeiro sucesso (número médio de ciclos de desenvolvimento) ou *Time To Market*,
- $p(k)$ é a probabilidade de o primeiro sucesso ocorrer no k -ésimo ciclo e sabemos, é claro, que $p(k) = p \left(\frac{l_p(k)}{R} \right)$ para $\forall k \leq k^*$.

Há o risco de, mesmo tendo prosseguido com o desenvolvimento por k^* ciclos, ainda não se tenha encontrado uma alternativa que pudesse ter sido lançada ao mercado. O denominamos de risco simplesmente, e seu cálculo é apresentado pela expressão 4.15 abaixo:

$$(4.15) \quad RISCO(k^*) = (1-p)^{k^*} = 1 - \sum_{k=1}^{k^*} p(1-p)^{k-1}$$

A Rotina "Point1comp" foi desenvolvida no software MATLAB versão 4.2 foi com o objetivo de mapear o Valor Esperado e o Desvio-Padrão do resultado econômico além do *Time-To-Market* para a abordagem *Point-Based* de Gestão do Desenvolvimento, empregando a parametrização mencionada no item 4.2.2 acima, com o único detalhe que para a relação $c/R=0,05$ a primeira probabilidade de sucesso (p) é de 6%. A rotina está apresentada no Anexo B do trabalho. A rotina foi necessária devido ao fato de que as expressões obtidas para os somatórios de 4.12 e 4.13, com o auxílio do software MATHEMATICA versão 4, são grandes demais. As figuras 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11 apresentam, cada qual, os resultados (obtidos com a rotina Point1comp) para o Valor Esperado Maximizado e para o Desvio-Padrão do resultado econômico, respectivamente, para as relações c/R de 0,001; 0,005; 0,01 e 0,05. Os resultados são apresentados também nas Tabelas A.1, A.2, A.3 e A.4 do Anexo A do trabalho.

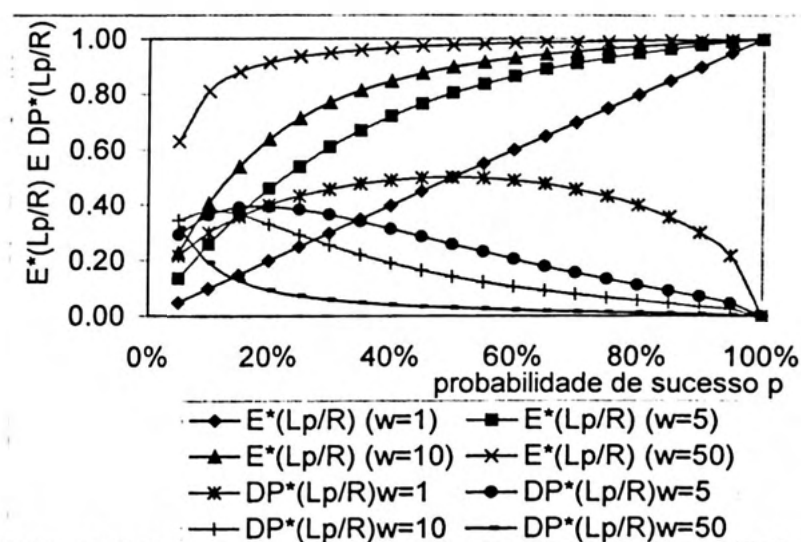


FIGURA 4.8: VALOR ESPERADO ÓTIMO ($E^*(L_p/R)$) E DESVIO-PADRÃO DO RESULTADO ECONÔMICO PARA A ABORAGEM *POINT-BASED*, PARA RELAÇÃO $c/R=0,001$, PARAMETRIZADAS A PROBABILIDADE DE SUCESSO (p) E A EXTENSÃO DA JANELA DE OPORTUNIDADES (w).

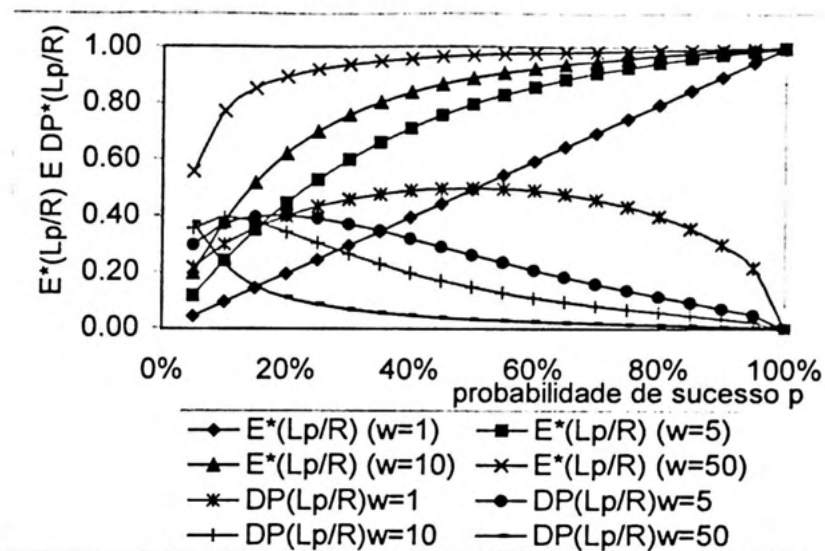


FIGURA 4.9: VALOR ESPERADO ÓTIMO ($E^*(L_p/R)$) E DESVIO-PADRÃO DO RESULTADO ECONÔMICO PARA A ABORAGEM *POINT-BASED*, PARA RELAÇÃO $c/R=0,005$, PARAMETRIZADAS A PROBABILIDADE DE SUCESSO (p) E A EXTENSÃO DA JANELA DE OPORTUNIDADES (w).

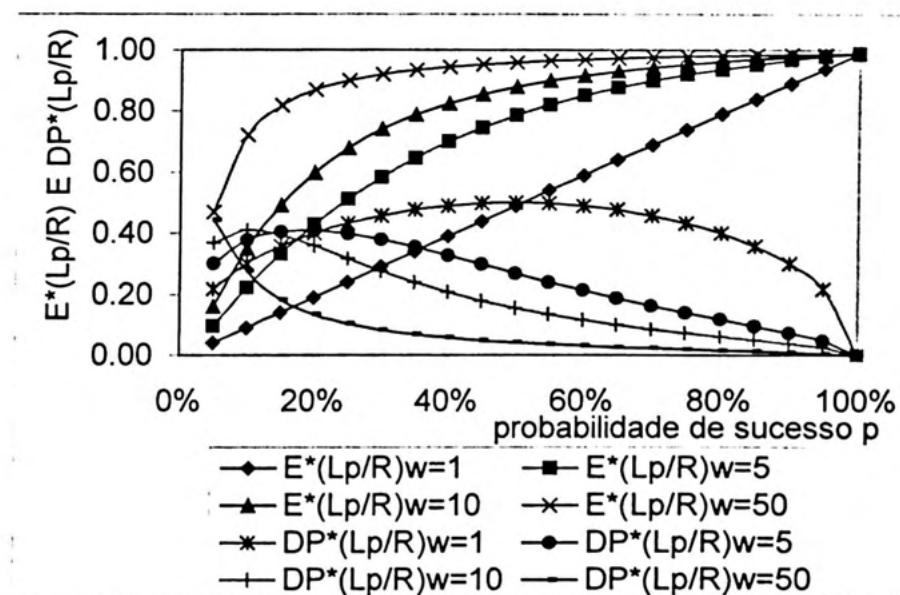


FIGURA 4.10: VALOR ESPERADO ÓTIMO ($E^*(L_p/R)$) E DESVIO-PADRÃO DO RESULTADO ECONÔMICO PARA A ABORAGEM *POINT-BASED*, PARA RELAÇÃO $c/R=0,01$, PARAMETRIZADAS A PROBABILIDADE DE SUCESSO (p) E A EXTENSÃO DA JANELA DE OPORTUNIDADES (w).

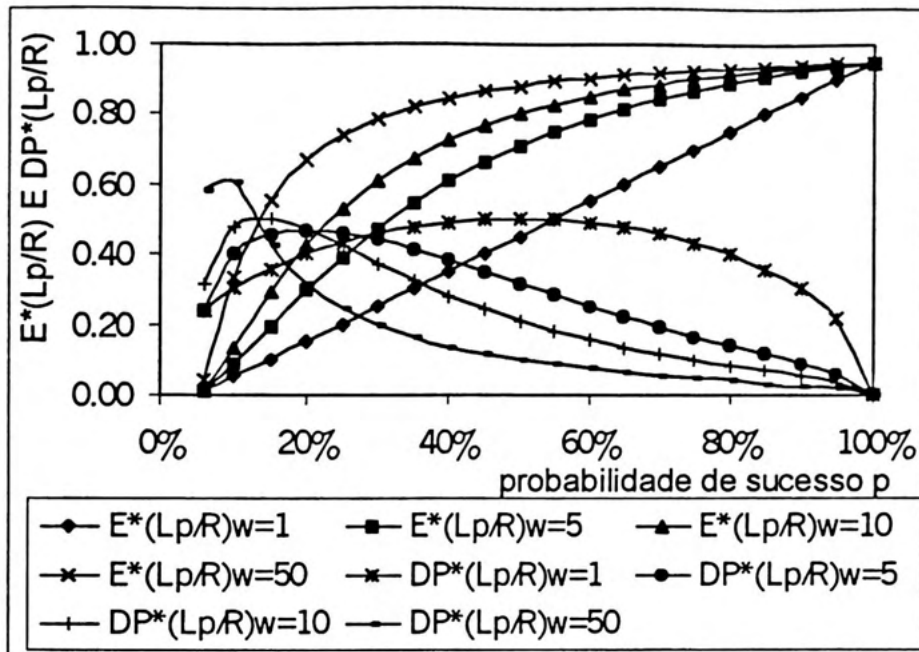


FIGURA 4.11: VALOR ESPERADO ÓTIMO ($E^*(L_p/R)$) E DESVIO-PADRÃO DO RESULTADO ECONÔMICO PARA A ABORAGEM *POINT-BASED*, PARA RELAÇÃO $c/R=0,05$, PARAMETRIZADAS A PROBABILIDADE DE SUCESSO (p) E A EXTENSÃO DA JANELA DE OPORTUNIDADES (w).

Podemos observar que o comportamento do Valor Esperado do resultado econômico para a abordagem *Point-Based* é muito parecido para as quatro relações de c/R utilizadas, isto é, cresce com a probabilidade de sucesso (p), o que, de certo forma, era esperado intuitivamente. Um outro resultado intuitivo é o de que, para uma probabilidade de sucesso p qualquer, o Valor Esperado é tanto maior quanto maior for a extensão da janela de oportunidades, qualquer que seja a relação c/R , conforme mostram as quatro figuras acima.

Também podemos observar, pela visualização das quatro figuras acima que mantidos um certo valor da probabilidade p de sucesso e de w para a extensão da janela de oportunidades, o Valor Esperado é tanto maior quanto menor a relação c/R , quaisquer que sejam p e w . Tal

relação parece não ser muito acentuada, com exceção do caso do projeto com relação $c/R=0,05$. No geral, o Valor Esperado apresenta uma queda razoável para um projeto com $c/R=0,05$ quando comparamos com os desempenhos de projetos com outras relações, ainda mais pronunciada para probabilidades de sucesso (p) menores, conforme podemos observar comparando as quatro Figuras 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11 acima.

O comportamento do desvio-padrão é bastante interessante. Ele sofre uma grande influência da extensão w da janela de oportunidades. São dois os efeitos da janela de oportunidades sobre o desvio-padrão do resultado econômico. Grosso modo, para todas as relações c/R analisadas, uma maior extensão da janela causa uma queda no desvio-padrão e, portanto na incerteza do resultado econômico, quando comparada àquela resultante da janela com extensão unitária. A incerteza no resultado econômico para o caso em que a janela apresenta extensão unitária é grande e tem um comportamento côncavo com ponto de máximo para a probabilidade de sucesso (p) de 50%, como podemos observar em qualquer um dos quatro figuras 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11 acima, já que independe da relação c/R . Quanto maior a extensão da janela maior será o efeito de diminuição na incerteza sobre o resultado econômico e, tal diminuição é tanto maior quanto maior for a probabilidade de sucesso (p). Projetos de maiores probabilidades de sucesso tendem a apresentar a ocorrência do sucesso logo cedo, nos primeiros ciclos e, portanto não resultando em valores muito dispersos, ainda mais se a extensão da janela de oportunidades for grande.

Por outro lado, projetos com baixas probabilidades de sucesso apresentam altas incertezas, tanto maiores quanto

maiores forem as extensões da janela de oportunidades. Tal efeito é maior para maiores relações de c/R , conforme podemos constatar da observação das quatro Figuras acima. Este efeito é devido ao fato de que tais projetos tendem a apresentar um número médio maior de ciclos até a ocorrência do sucesso, aumentando, assim, a dispersão dos resultados econômicos prováveis de ocorrência e deslocando para trás o pico de incerteza (50% para $w=1$).

Na sequência, as Figuras 4.12, 4.13, 4.14 e 4.15 apresentam, cada qual respectivamente para as relações $c/R=0,001$, $c/R=0,005$, $c/R=0,01$ e $c/R=0,05$, o número médio de ciclos ($E(k)$ da expressão 4.14) até a ocorrência do primeiro sucesso ao qual denominamos de *Time-to-Market* e o Risco ($Risco(k^*)$ da expressão 4.15 acima) de ter que terminar o processo sem ter encontrado uma alternativa que tenha se revelado satisfatória para lançamento no mercado.

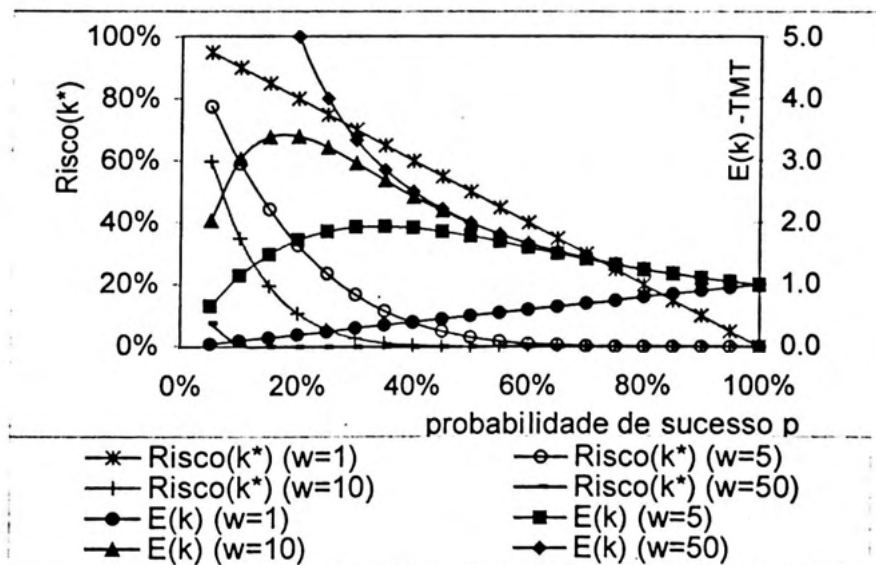


FIGURA 4.12: VALOR ESPERADO PARA O NÚMERO DE CICLOS ($E(k)$ – *TIME-TO-MARKET*) E O RISCO ($RISCO(k^*)$) DE TER QUE TERMINAR O DESENVOLVIMENTO SEM TER TIDO SUCESSO, PARA UM PROJETO COM RELAÇÃO $c/R=0,001$, SEGUNDO A ABORDAGEM *POINT-BASED*.

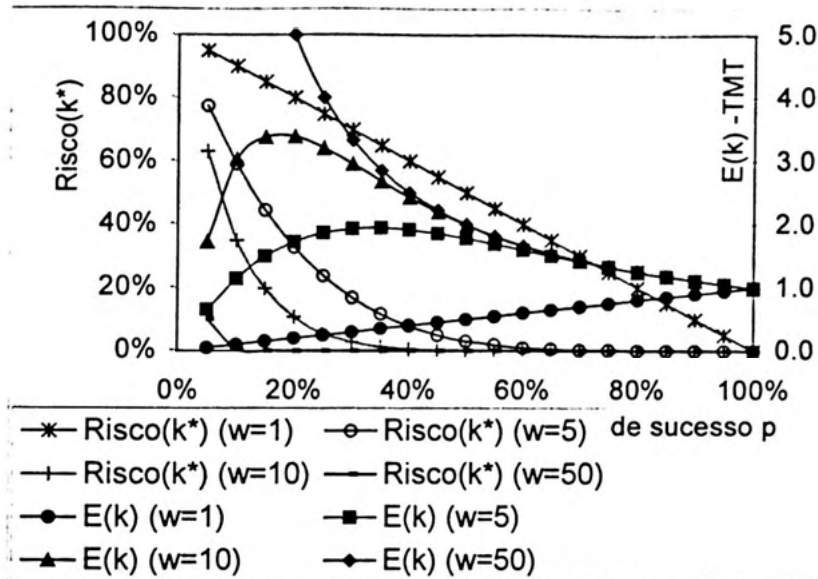


FIGURA 4.13: VALOR ESPERADO PARA O NÚMERO DE CICLOS ($E(k)$ – TIME-TO-MARKET) E O RISCO ($RISCO(k^*)$) DE TER QUE TERMINAR O DESENVOLVIMENTO SEM TER TIDO SUCESSO, PARA UM PROJETO COM RELAÇÃO $c/R=0,005$, SEGUNDO A ABORDAGEM POINT-BASED.

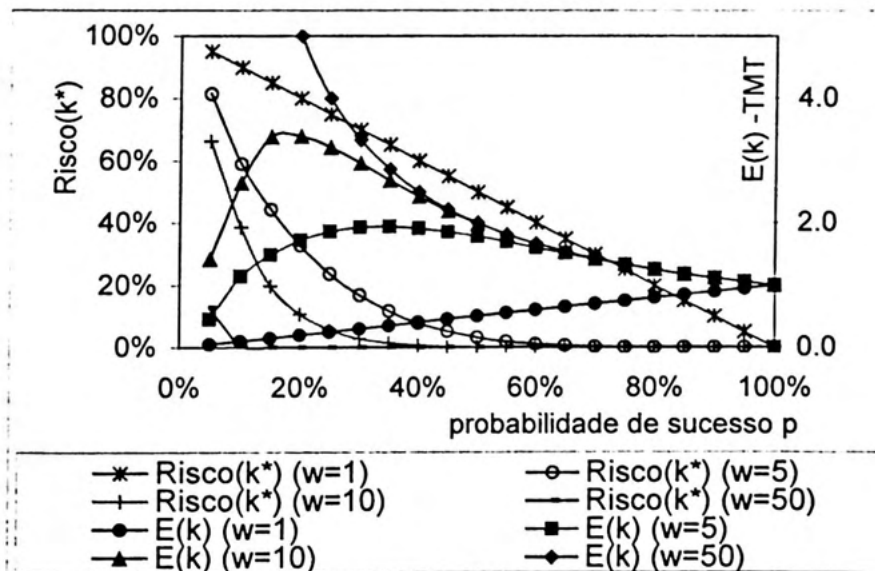


FIGURA 4.14: VALOR ESPERADO PARA O NÚMERO DE CICLOS ($E(k)$ – TIME-TO-MARKET) E O RISCO ($RISCO(k^*)$) DE TER QUE TERMINAR O DESENVOLVIMENTO SEM TER TIDO SUCESSO, PARA UM PROJETO COM RELAÇÃO $c/R=0,01$, SEGUNDO A ABORDAGEM POINT-BASED.

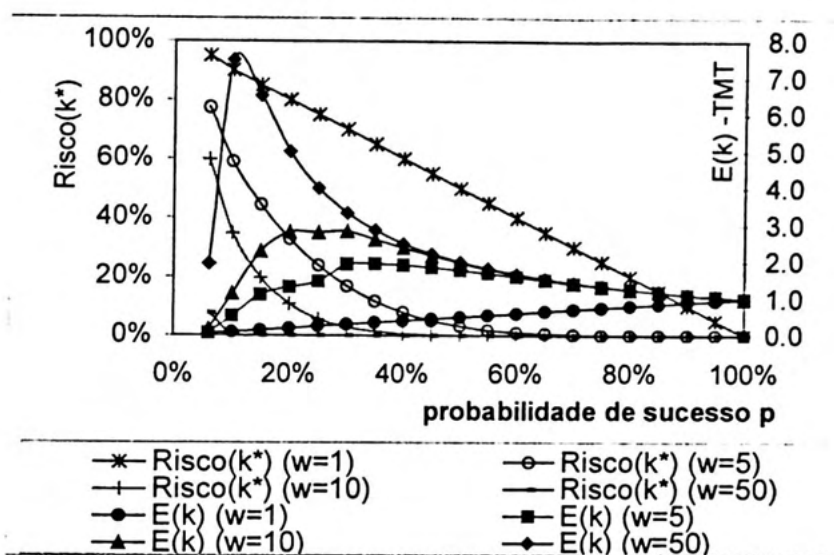


FIGURA 4.15: VALOR ESPERADO PARA O NÚMERO DE CICLOS ($E(k)$ – *TIME-TO-MARKET*) E O RISCO ($RISCO(k^*)$) DE TER QUE TERMINAR O DESENVOLVIMENTO SEM TER TIDO SUCESSO, PARA UM PROJETO COM RELAÇÃO $c/R=0,05$, SEGUNDO A ABORDAGEM *POINT-BASED*.

As Tabelas A.5, A.6, A.7 e A.8 no Anexo A do trabalho apresentam os resultados utilizados para a construção dos gráficos das Figuras 4.12, 4.13, 4.14 e 4.15 acima. Podemos observar, pelas quatro figuras acima, que o risco de ter que terminar o processo de desenvolvimento (no ciclo k^*) sem ter chegado a um sucesso tem aproximadamente o mesmo comportamento, qualquer que sejam as quatro relações c/R utilizadas.

Tal Risco é tanto menor quanto maior for a extensão da janela de oportunidades. Dada uma extensão de janela qualquer, ele decresce, também como era de se esperar, conforme a probabilidade de sucesso aumenta. Podemos observar pelas quatro Figuras 4.12, 4.13, 4.14 e

4.15 acima que, independentemente da relação c/R , existe um certo valor de probabilidade de sucesso, associada a cada extensão de janela, tal que para projetos com probabilidades de sucesso superiores o risco de não se concluir o projeto é praticamente nulo. Estas probabilidades de sucesso (p) seriam, aproximadamente, de 100%, 70%, 50% e 10% para extensões (w) de janela de 1, 5, 10 e 50 respectivamente como podemos observar nas quatro Figuras acima.

O número esperado de ciclos para a ocorrência do sucesso parece não sofrer influência da extensão da janela de oportunidades para probabilidades de sucesso relativamente grandes. Nestes casos, independentemente da relação c/R , o *Time-to-Market* é decrescente e tende rapidamente à um ciclo de projeto, conforme a probabilidade vai aumentando. Podemos observar pelas quatro Figuras acima que, para qualquer extensão da janela e da relação c/R , o *Time-to-Market* já é menor que dois ciclos de desenvolvimento caso a probabilidade de sucesso for superior a 50%.

Por outro lado, para probabilidades pequenas, o número esperado de ciclos (*Time-to-Market*) aumenta, como era de se esperar, efeito que é, agora, realçado por extensões maiores da janela de oportunidades. A leitura é a seguinte: haverá o sucesso, já que o Risco associado a estes casos é pequeno, contudo o número esperado de ciclos é grande para que ele possa ocorrer. Se a janela é pequena, o processo logo é interrompido pelo critério de parada, levando a *Time-to-Market* menores. Estes últimos são os piores casos, pois o Risco da não obtenção do sucesso é grande além de projetar um Valor Esperado relativamente pequeno com

grande dispersão (Desvio-Padrão) associado, como já constatamos pelas Figuras 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11 acima.

Com base nos resultados das Figuras 4.8 até 4.15 e , portanto sem nos preocupar em construir algum critério rígido ou exato, podemos apontar as características que tornam o sucesso bastante prejudicado de um projeto desenvolvido pela abordagem *Point-Based*. São elas: apresentar uma probabilidade de sucesso dentro da faixa que vai de 5% até aproximadamente 25 ou 30% diante de um janela de oportunidades de vendas com extensão (w) abaixo de 10. Fora destas condições, o projeto, quando gerido por *Point-Based*, terá melhores resultados.

4.3 MODELO DE REPRESENTAÇÃO DA ESTRATÉGIA BASEADA EM CONJUNTO DE ALTERNATIVAS (SET-BASED).

A abordagem *Set-Based* de gestão do desenvolvimento de um novo produto consiste em desenvolver em paralelo várias alternativas com o objetivo de acelerar o processo e diminuir os riscos técnico e de mercado, quando do lançamento do produto.

4.3.1. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA A SER MODELADO.

Consideramos que existem diversas alternativas de projeto à disposição da equipe para serem desenvolvidas, além de que a empresa dispõe de recursos suficientes para desenvolver muitas alternativas de projeto em paralelo. Neste primeiro modelo, buscamos representar a abordagem *Set-Based* considerando apenas um ciclo de desenvolvimento, isto é, são escolhidas N alternativas de projeto e todas são desenvolvidas, em paralelo, num mesmo e único ciclo de desenvolvimento. Desta forma, basta que apenas uma, das N alternativas desenvolvidas, apresente desempenho e qualidade satisfatórias perante o exigido pelo mercado, que o processo terá conseguido sucesso.

É importante notar também que, no caso do ciclo único de desenvolvimento, havendo o sucesso, é auferido o faturamento potencial inicial de mercado.

Posteriormente, outras extensões a este modelo inicial, são desenvolvidas no sentido de analisar a possibilidade e/ou

necessidade de se repetir a estratégia *Set-Based* em vários ciclos de desenvolvimento. A possibilidade de repetição da abordagem *Set-Based* por outros ciclos de desenvolvimento além de reverter num Valor Esperado maior, mantidas as características do projeto, certamente derrubará para zero o Risco de terminar o processo sem sucesso.

Além disto, outra extensão ao modelo contempla a introdução de diminuição no custo unitário gasto num ciclo de desenvolvimento como função do ganho com o aprendizado que a equipe tenha realizado no desenvolvimento de alternativas em ciclos anteriores.

4.3.2 PROPOSIÇÕES SOBRE OS PARÂMETROS DO MODELO REPRESENTATIVO DA ABORDAGEM SET-BASED.

As proposições sobre os parâmetros utilizados no modelo da abordagem *Set-Based* são basicamente as mesmas que aquelas do modelo da abordagem *Point-Based*, apresentadas na seção 4.2.2. São elas:

PROPOSIÇÃO 1: Visando a uma maior facilidade de modelagem, a probabilidade p de sucesso das N alternativas de projeto escolhidas para serem desenvolvidas em paralelo é considerada a mesma além de que o sucesso/fracasso de qualquer uma delas são eventos estatisticamente independentes do sucesso/fracasso de qualquer outra. A parametrização da probabilidade de sucesso é feita de forma a cobrir todo o intervalo de 0 até 1, com intervalos de 0,05.

PROPOSIÇÃO 2: Toda e qualquer alternativa de projeto à disposição da equipe apresenta um custo c ao passar por um ciclo de desenvolvimento. Como se escolhe N alternativas para o desenvolvimento, que ocorre num único ciclo, então o custo total de desenvolvimento é cN .

Considera-se haver uma janela de oportunidade para as vendas do produto que se abre exatamente ao final do primeiro ciclo de desenvolvimento e se fecha um certo número de ciclos adiante, medidos por w .

PROPOSIÇÃO 3: A extensão w da janela de oportunidades para as vendas do produto é um adimensional, isto é, é expressa em número de ciclos de desenvolvimento, sendo que a abertura da janela coincide com o final do primeiro e único ciclo de desenvolvimento.

PROPOSIÇÃO 4: Como se considera um único ciclo de desenvolvimento, então, com o sucesso, se auferem o próprio faturamento potencial inicial de mercado R .

PROPOSIÇÃO 5: O modelo também parametriza a relação c/R , como forma de facilitar as modelagens e também a análise dos resultados.

Utilizamos a mesma parametrização de c/R adotada no modelo da abordagem *Point-Based*, isto é $c/R=0,001, 0,005, 0,01$ e $0,05$.

4.3.3 MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO E OBTENÇÃO DA VARIÂNCIA DO RESULTADO ECONÔMICO PARA A ABORDAGEM SET-BASED.

A equipe de projeto escolhe N alternativas para serem desenvolvidas em um único ciclo. Qualquer alternativa apresenta a mesma probabilidade p de sucesso e o custo c de desenvolvimento. Pelo fato de o modelo considerar somente um ciclo de desenvolvimento, então diante de pelo menos um sucesso, auferir-se-á o faturamento potencial inicial R de mercado. Desta forma, o Valor Esperado do resultado econômico do processo, já com base na relação c/R , é apresentado pela expressão 4.16 abaixo.

$$(4.16) \quad E\left(\frac{L_s}{R}\right) = 1 - (1-p)^N - \frac{Nc}{R}$$

Podemos observar que o Valor Esperado, depende do número N de alternativas conduzidas no ciclo de desenvolvimento, dadas uma probabilidade de sucesso p e uma relação c/R quaisquer. O número N^* que maximiza o Valor Esperado do resultado econômico é obtido igualando-se a derivada de primeira ordem a zero, conforme expressão 4.17 abaixo:

$$(4.17) \quad \frac{d\left\{E\left(\frac{L_s}{R}\right)\right\}}{dN} = -(1-p)^N \ln(1-p) - \frac{c}{R} = 0$$

$$(1-p)^N = \frac{\frac{-c}{R}}{\ln(1-p)}$$

$$N^* = \frac{\ln\left(\frac{-c}{R \ln(1-p)}\right)}{\ln(1-p)}$$

Conhecendo-se o Número Ótimo (N^*) de alternativas de projeto que dever-se-ia conduzir no ciclo único de desenvolvimento, resulta pois, da expressão 4.16 acima que o Valor Esperado Máximo pode ser calculado conforme expressão 4.18 abaixo. Notamos que o símbolo * refere-se ao ponto de máximo.

$$(4.18) E^* \left(\frac{L_S}{R} \right) = 1 - (1-p)^{\frac{\ln \left[\frac{-c}{R \ln(1-p)} \right]}{\ln(1-p)}} - c \frac{\ln \left[\frac{-c}{R \ln(1-p)} \right]}{R \ln(1-p)}$$

A Figura 4.16 abaixo nos apresenta o Número Ótimo N^* de alternativas de projeto a serem conduzidas no ciclo de desenvolvimento e respectivo Valor Esperado ora maximizado, considerando-se os parâmetros probabilidade de sucesso (p) e a relação c/R . Os resultados da Figura 4.16 foram obtidos com o auxílio da planilha MS-Excel e estão apresentados também na Tabela A9 do Anexo A do trabalho.

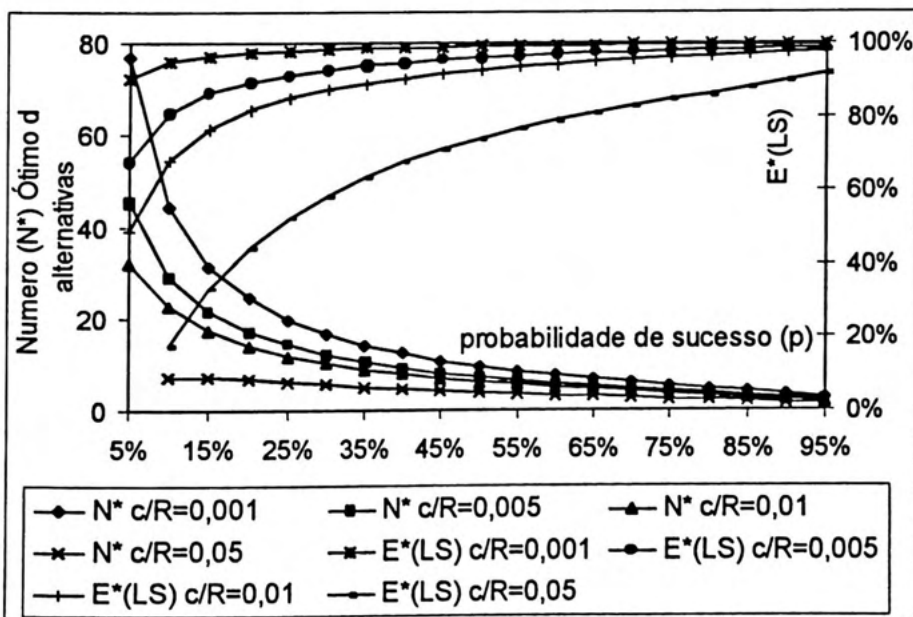


FIGURA 4.16: NÚMERO ÓTIMO (N^*) E VALOR ESPERADO MAXIMIZADO PARA O RESULTADO ECONÔMICO DA ABORDAGEM SET-BASED, PARAMETRIZADOS A PROBABILIDADE DE SUCESSO (p) E A RELAÇÃO c/R .

Podemos observar, pela Figura 4.16 acima, que o comportamento do Número Ótimo (N^*) de alternativas a serem conduzidas no ciclo único de desenvolvimento decresce com a probabilidade de sucesso até atingir níveis próximos de duas unidades para probabilidades muito altas de sucesso, em torno de 95%, qualquer que seja a relação c/R .

É interessante notar que existe aqui uma espécie de *trade-off*, onde se troca probabilidade por número de alternativas. Para probabilidades de sucesso muito baixas, há necessidade de muitas alternativas para se obter o máximo para o Valor Esperado. Já para probabilidades altas, pode-se diminuir o número de alternativas necessárias. Desta forma, é intuitivo que projetos com maiores probabilidades de sucesso apresentem maiores Valores Esperados Máximos ainda mais se a relação c/R forem menores, como podemos observar pela Figura 4.16 acima.

Se p é a probabilidade de sucesso de cada uma das N^* alternativas de projetos conduzidas ao desenvolvimento com ciclo único, então a expressão 4.19 abaixo nos apresenta o Risco* de o desenvolvimento acabar sem ter conseguido ao menos um sucesso.

$$(4.19) \quad Risco^* = (1 - p)^{N^*}$$

A expressão 4.20 abaixo nos apresenta o cálculo da Variância do resultado econômico, considerando-se o Número Ótimo de alternativas, para posterior obtenção do desvio-padrão do resultado econômico.

$$V^* \left(\frac{L_s}{R} \right) = E^* \left[\left(\frac{L_s}{R} \right)^2 \right] - \left[E^* \left(\frac{L_s}{R} \right) \right]^2$$

(4.20)

$$V^* \left(\frac{L_s}{R} \right) = \left\{ \left(1 - N^* \frac{c}{R} \right)^2 (1 - (1-p)^{N^*}) + \left(-N^* \frac{c}{R} \right)^2 (1-p)^{N^*} \right\} - \left[E^* \left(\frac{L_s}{R} \right) \right]^2$$

onde:

- $1 - N^*c/R$ é o resultado econômico se pelo menos uma das N^* alternativas se revelar satisfatória ao lançamento no fim do ciclo único de desenvolvimento;
- $-N^*c/R$ é o resultado econômico se nenhuma das N^* alternativas apresentar desempenho satisfatório, ao final do ciclo, para o lançamento no mercado;
- $(1-p)^{N^*}$ é a probabilidade da ocorrência de nenhum sucesso, isto é, é a probabilidade de nenhuma das N^* alternativa se mostrar satisfatória ao final do ciclo único de desenvolvimento ou o Risco* da expressão 4.19 acima.
- $1 - (1-p)^{N^*}$ é a probabilidade de pelo menos uma das N^* alternativas se mostrar satisfatória ao lançamento, ao final do desenvolvimento.

A Figura 4.17 abaixo nos apresenta o Desvio-Padrão ($DP^*(L_s)$) do resultado econômico da abordagem Set-Based e o risco (Risco*) de o ciclo terminar sendo que nenhuma das N^* alternativas desenvolvidas tenha apresentado desempenho satisfatório para ser lançada ao mercado. Notamos que o símbolo * serve para referir as grandezas à situação de Valor Esperado Máximo. Os resultados numéricos apresentados no gráfico da Figura 4.17 são apresentados na Tabela A10, no Anexo A do trabalho.

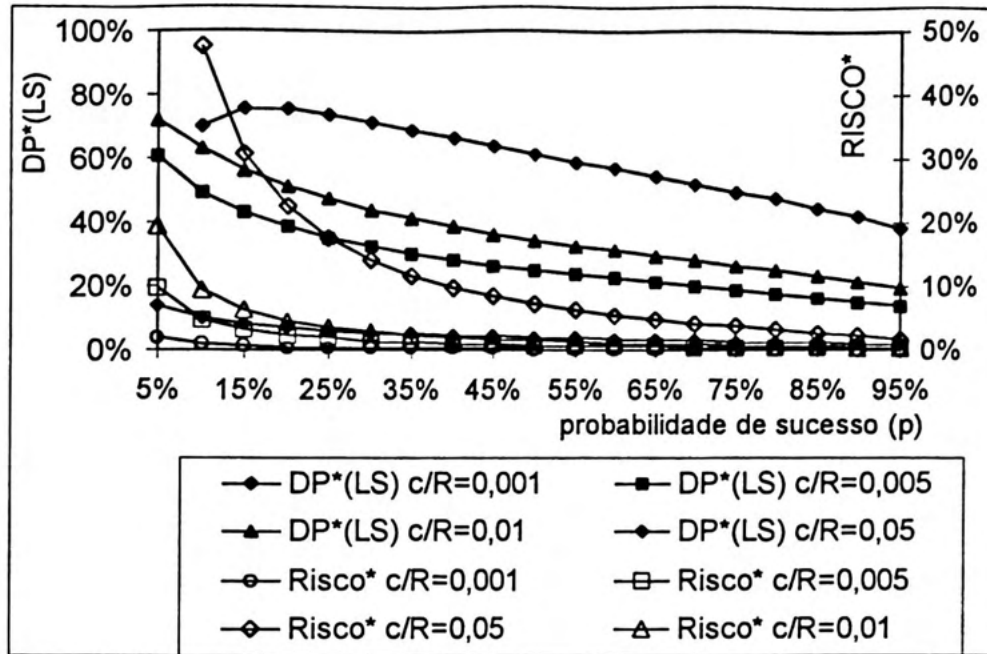


FIGURA 4.17: DESVIO-PADRÃO ($DP^*(L_s)$) E RISCO* DE SE TERMINAR O DESENVOLVIMENTO SEM TER CONSEGUIDO AO MENOS UM SUCESSO PARA A ABORDAGEM SET-BASED (PARA SITUAÇÕES DE MÁXIMO VALOR ESPERADO $E^*(L_s)$) PARAMETRIZADAS A PROBABILIDADE DE SUCESSO (p) E A RELAÇÃO c/R .

O Risco* de se terminar o desenvolvimento sem ao menos que uma das N^* alternativas se apresente como satisfatória ao lançamento no mercado tem um comportamento decrescente com a probabilidade de sucesso, é claro, ainda que associado a N^* menores. Devido ao fato de que, para uma probabilidade de sucesso p qualquer, projetos com relações c/R menores apresentam N^* maiores, então seus Riscos* serão menores. Como podemos observar pela Figura 4.17 acima.

O comportamento do Risco* é bastante útil para interpretar o comportamento da incerteza (Desvio-Padrão) sobre o resultado econômico. Por dar peso menor ao resultado econômico associado ao fracasso de todas as alternativas, na expressão 4.20 da Variância, o Risco* menor, está associado a incertezas menores do resultado econômico em relação ao Valor Esperado.

4.4 COMPARAÇÕES ENTRE OS DESEMPENHOS DAS DUAS ABORDAGENS *POINT-BASED* E *SET-BASED* E OBTENÇÃO DA FRONTEIRA DE SEPARAÇÃO ENTRE SUAS REGIÕES DE DOMINÂNCIA.

Esta seção tem os objetivos de traçar comparações entre os desempenhos das abordagens *Point-Based* e *Set-Based* além de obter a fronteira de separação entre regiões de maior Valor Esperado para cada uma das abordagens.

De forma a facilitar a leitura, as Figuras 4.18 e 4.19 abaixo, respectivamente para a menor relação $c/R=0,001$ e para a maior relação $c/R=0,05$, reproduzem os gráfico do $Risco(k^*)$ e do $Risco^*$, respectivamente o risco de ter que terminar o processo de desenvolvimento, pela abordagem *Point-Based*, no k^* -ésimo ciclo sem ter conseguido o sucesso e o risco de se chegar ao final do ciclo único de desenvolvimento, pelo *Set-Based*, sem que nenhuma das N^* alternativas tenha se revelado um sucesso, isto é, apresentado desempenho satisfatório para ser lançada ao mercado.

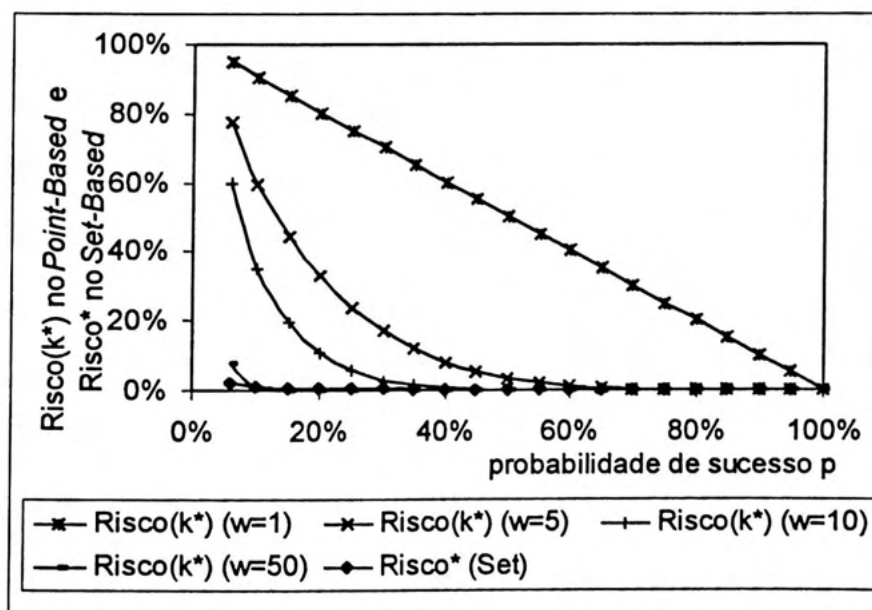


FIGURA 4.18: RISCO (k^*) NO POINT-BASED E RISCO* NO SET-BASED PARA A RELAÇÃO $c/R=0,001$, PARAMETRIZADA A PROBABILIDADE DE SUCESSO (p).

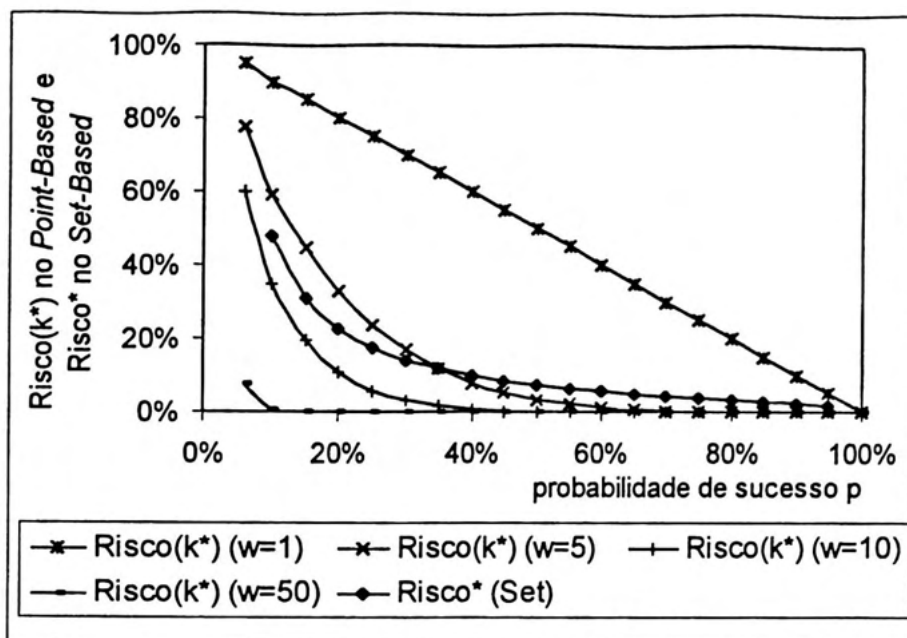


FIGURA 4.19: RISCO (k^*) NO POINT-BASED E RISCO* NO SET-BASED PARA A RELAÇÃO $c/R=0,05$, PARAMETRIZADA A PROBABILIDADE DE SUCESSO (p).

Podemos observar, pelas duas Figuras 4.18 e 4.19 acima, que o Risco* incorrido na abordagem *Set-Based* é muito menor que o Risco(k^*) incorrido na abordagem *Point-Based*, qualquer que seja a probabilidade p de sucesso para relação $c/R=0,001$. Assim, a abordagem *Set-Based* se mostra como uma estratégia eficaz que garante a obtenção de um sucesso nos projetos com probabilidades baixas de sucesso e relativamente baratos. Feito que só é conseguido pela abordagem *Point-Based* se a janela de oportunidades das vendas tiver uma extensão de pelo menos 50 ciclos de desenvolvimento.

Mesmo para projetos bem mais caros, como aqueles com relação $c/R=0,05$, o Risco*, incorrido na abordagem *Set-Based* ainda se mostra menor que aquele (Risco(k^*)) incorrido no *Point-Based*, para janelas com extensões (w) menores que aproximadamente 7 ou 8, comprovando a estratégia segura que o *Set-Based* representa para

projetos com probabilidades baixas de sucesso. As Figuras 4.20 e 4.21 abaixo, nos apresentam, respectivamente para as relações c/R de 0,001 e 0,05, os desvios-padrão das duas abordagens *Set* e *Point-Based*.

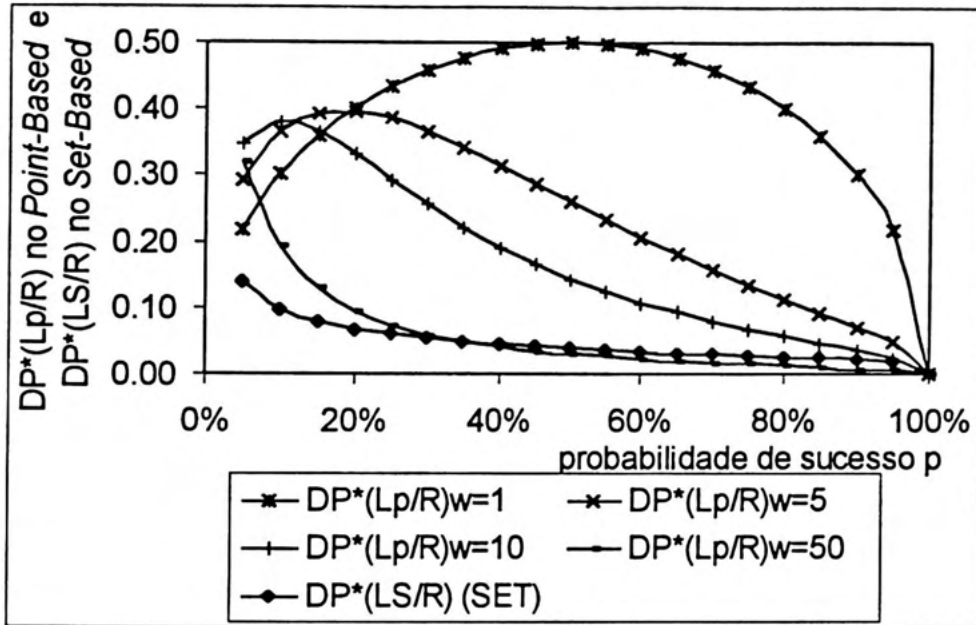


FIGURA 4.20: DESVIOS-PADRÃO (DP*(L_p/R)) DO *POINT-BASED* E (DP*(L_s/R)) DO *SET-BASED* PARA A RELAÇÃO $c/R=0,001$, PARAMETRIZADAS A PROBABILIDADE DE SUCESSO (p) E A EXTENSÃO (w) DA JANELA DE OPORTUNIDADES.

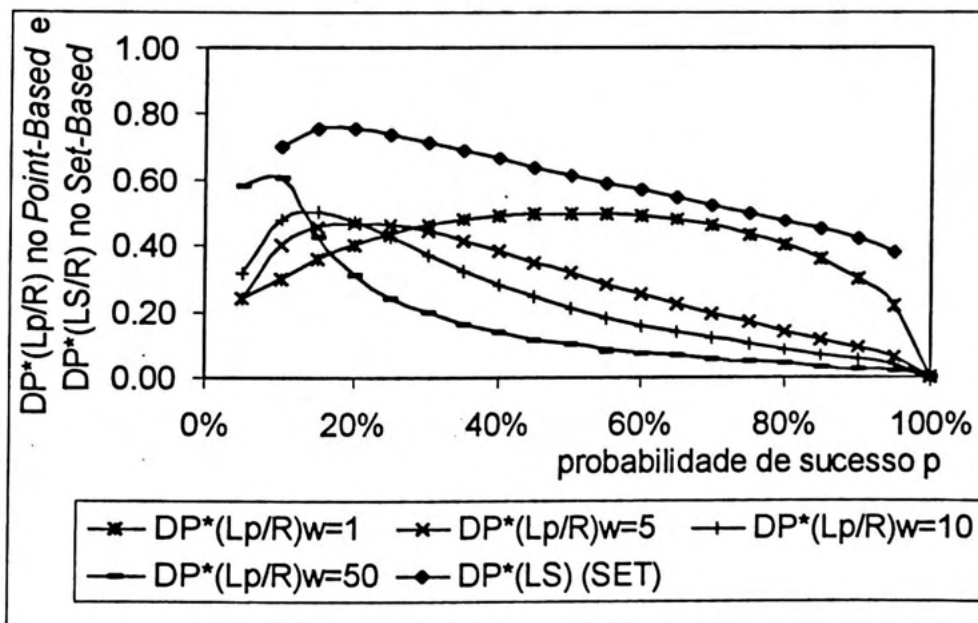


FIGURA 4.21: DESVIOS-PADRÃO (DP*(L_p/R)) DO *POINT-BASED* E (DP*(L_s/R)) DO *SET-BASED* PARA A RELAÇÃO $c/R=0,05$, PARAMETRIZADA A PROBABILIDADE DE SUCESSO (p) E A EXTENSÃO (w) DA JANELA DE OPORTUNIDADES.

A Figura 4.20 acima nos mostra que a abordagem *Set-Based* apresenta incertezas muito pequenas e menores que as do *Point-Based*, para projetos com relação c/R pequenas. Contudo tal resultado não se verifica para relações maiores de c/R , como aquela apresentada na Figura 4.21 onde a incerteza da abordagem *Set-Based* é maior que a do *Point-Based*. Como já vimos, relações maiores de c/R tendem a apresentar um número N^* de alternativas muito pequeno aumentando o Risco*, isto é, a probabilidade de se terminar o ciclo único de desenvolvimento sem sucesso algum. Tal fato implica um peso maior para o resultado econômico proveniente do eventual fracasso de todas alternativas gerando uma incerteza maior no resultado econômico.

Com relação à comparação dos Valores Esperados para as duas abordagens *Set-Based* e *Point-Based*, temos a Figura 4.22 abaixo que a apresenta para projetos de relação $c/R = 0,01$.

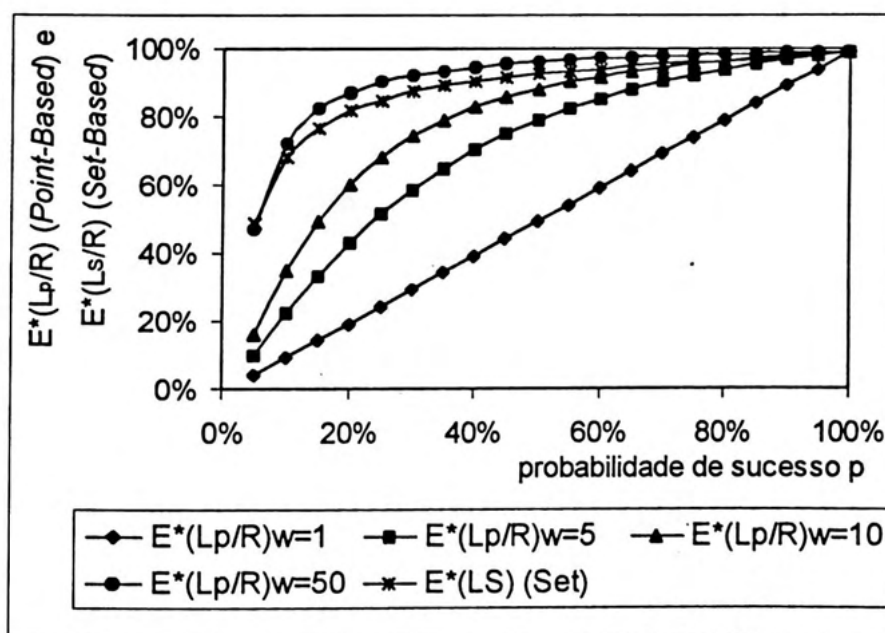


FIGURA 4.22: VALORES ESPERADOS ($E^*(L_p/R)$) DO *POINT-BASED* E ($E^*(L_s/R)$) DO *SET-BASED* PARA A RELAÇÃO $c/R=0,01$, PARAMETRIZADA A PROBABILIDADE DE SUCESSO (p) E A EXTENSÃO (w) DA JANELA DE OPORTUNIDADES.

Podemos observar, pela Figura 4.22 acima, que o Valor Esperado da abordagem Set-Based é superior aos Valores Esperados do Point-Based, mesmo se a extensão (w) da janela de oportunidades for superior a 10. Pela Figura 4.22, parece que o Valor Esperado do Set-Based se iguala ao do Point-Based se a extensão da janela for 50 em torno da probabilidade de sucesso (p) de 5% ou 10%.

Assim, buscou-se levantar as fronteiras, isto é, as curvas que mostram os lugares geométricos, num gráfico de probabilidade de sucesso (p) e extensão (w) da janela de oportunidades, onde os Valores Esperados das duas abordagens são iguais. A fronteira separa então duas regiões, onde cada abordagem domina a outra em termos de Valor Esperado. Assim, conhecendo, podemos, pois, descobrir as características mais propícias à adoção de uma ou de outra abordagem de gestão do processo de desenvolvimento por Engenharia Simultânea.

As fronteiras foram obtidas de forma a buscar a extensão (w) de janela de oportunidades necessária para que um projeto gerido pela abordagem Point-Based apresentasse o mesmo Valor Esperado se gerido pela abordagem Set-Based. A rotina "Front1comp", desenvolvida no software MATLAB versão 4.2, encontrou as fronteiras. A rotina está apresentada no Anexo B.

A Figura 4.23 abaixo nos apresenta a fronteira para a relação $c/R=0,005$. Os resultados estão apresentados na Tabela A.11 do Anexo A do trabalho.

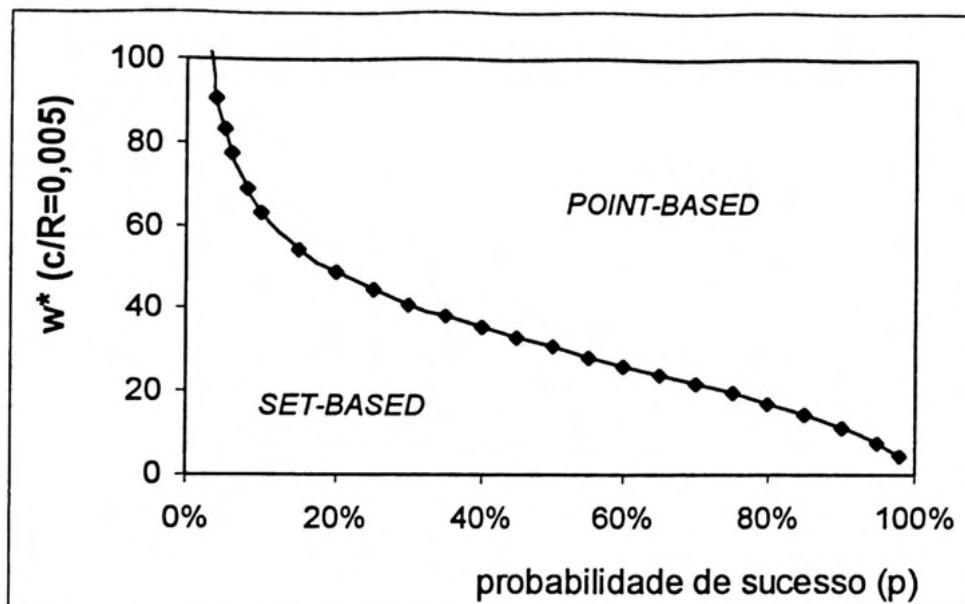


FIGURA 4.23: FRONTEIRA QUE SEPARA AS REGIÕES ONDE CADA ABORDAGEM APRESENTA VALOR ESPERADO SUPERIOR À OUTRA PARA A RELAÇÃO $c/R=0,005$.

Podemos observar pela Figura 4.23 acima que a região onde o Point-Based apresenta maior Resultado Econômico Esperado é caracterizada, no geral, por projetos cujas alternativas tenham grandes probabilidades de sucesso em conjunto com grandes extensões (w) de janelas de oportunidades de vendas. Já a região onde o Set-Based apresenta maior Valor Esperado do resultado econômico contém, no geral, aquelas piores características que um projeto poderia enfrentar, isto é, baixas extensões (w) da janela de oportunidades em conjunto com alternativas de baixas probabilidades de sucesso.

Notamos que o Set-Based ainda apresenta melhores resultados para projetos que se deparem com extensões (w) pequenas de janelas de oportunidades mesmo que apresentem alternativas de maiores probabilidades altas de sucesso (p) ou para projetos com baixas

probabilidades de sucesso ainda que a janela de oportunidades tenha grandes extensões (w).

Há citações na literatura, principalmente em SOBEK (1997), apontando para a característica que a abordagem *Set-Based* teria de dar melhores respostas a projetos de desenvolvimento que enfrentam condições mais desfavoráveis, porém sem comprovações formais. A exceção se faz ao trabalho de DAHAN (1998) cuja conclusão é uma comprovação, tal como o nosso resultado, para esta característica. DAHAN (1998) encontrou ser a estratégia de prototipização em paralelo, relativa à abordagem *Set-Based*, como a de melhor desempenho econômico frente fatores de descapitalização menores. Nestes casos, sendo urgente a obtenção do resultado satisfatório (sucesso), de forma a diminuir as possíveis perdas financeiras sobre o resultado auferido, a prototipização em paralelo desponta como a melhor estratégia.

De forma a conseguir uma melhor análise, consideremos a Figura 4.24 abaixo, que nos apresenta as fronteiras de separação das duas regiões construídas para todo o conjunto de valores da relação c/R (0,001, 0,05, 0,01 e 0,05) parametrizados em nossas modelagens. Os resultados são apresentados na Tabela A.11 do Anexo A do trabalho.

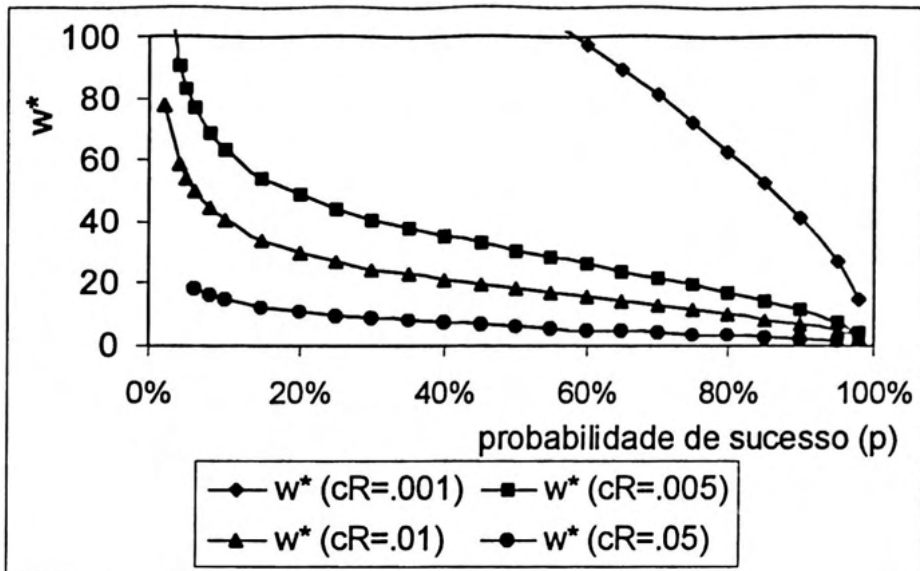


FIGURA 4.24: FRONTEIRAS QUE SEPARAM AS REGIÕES ONDE CADA ABORDAGEM APRESENTA VALOR ESPERADO SUPERIOR À OUTRA PARA AS RELAÇÕES c/R DE 0,001; 0,005; 0,01 E 0,05.

A região onde a abordagem *Set-Based* apresenta maiores Valores Esperados ainda é bastante considerável mesmo para as relações de $c/R=0,01$ e $c/R=0,05$, relações estas consideradas as maiores diante de um conjunto de projetos apresentados em ULRICH & EPPINGER (2000) e apresentados nas Tabelas 4.1 e 4.2 na seção 4.2.2 do trabalho.

Ainda que a região de maior Valor Esperado para o *Set-Based* seja cada vez menor se analisarmos o efeito do aumento da relação c/R , podemos observar, pela Figura 4.24 acima, que ela sempre está relacionada às características, já comentadas acima, que seriam, no geral, aquelas menos desejadas por qualquer equipe de desenvolvimento de produto: alternativas com baixas probabilidades de sucesso (p) e/ou extensões (w) pequenas de janelas de oportunidades de vendas.

Este resultado confirma o encontrado na literatura pesquisada sobre Engenharia Simultânea e sobre a abordagem *Set-Based* apresentadas na Revisão Bibliográfica no sentido de que a abordagem *Set-Based* teria a capacidade de dar melhores respostas a projetos de maiores incertezas técnicas ou que se apresentem em ambientes mais dinâmicos e competitivos. Reproduzimos aqui uma análise encontrada em SOBEK (1997, p. 238.) onde aponta as situações ou ambientes para as quais dever-se-ia empregar uma ou outra abordagem da Engenharia Simultânea.

“The discussion of advantages and disadvantages raises an important question: when should a development team use a point-based process versus a set-based one?...

A point-based process also seems well-suited for stable and well-understood environments and situations where the team understands the design problem well. In these cases, the team can easily evaluate the alternatives and pick the best solution. Additional knowledge gained through set-based practices may be marginal and simply not worth the time or cost. Also, stable environments mean that knowledge does not go obsolete quickly, and that design changes resulting from changes in environments are less likely. ...

There is an interesting paradox, however, in the inclinations of human designers. Observations indicate that designers tend toward point-based approaches in situations of high complexity or uncertainty in order to simplify the problem. But this is where set-based design has the greatest potential.”

A complexidade e incerteza a que SOBEK (1997) se refere pode ser compreendida, ainda que simplificada, como que representada, em nossas modelagens, pela probabilidade de sucesso (p). Por outro lado, ambientes de negócios mais estáveis para SOBEK podem ser compreendidos, ainda que de forma simplificada e considerando-se um único

aspecto, como produtos (mercados) que apresentam janelas de oportunidades relativamente grandes, em nossas modelagens.

A afirmação de que o *Point-Based* seria mais apropriado para situações onde se conhece muito bem o problema de projeto, equivaleria, em nossas modelagens, a situações de altas probabilidades de sucesso (p) para as alternativas já que probabilidades mais baixas de sucesso estariam representando problemas de projeto mais complicados ou que a equipe não tenha grande conhecimento e previsão dos problemas que vão enfrentar no projeto. Aliás, SOBEK (1997) afirma que os projetistas tendem a adotar o *Point-Based* também para projetos relativamente complicados e incertos. O autor enxerga uma espécie de paradoxo nestes casos, já que o grande potencial do *Set-Based* encontra-se associado a projetos com estas características.

Por outro lado, SOBEK (1997) vê a abordagem *Point-Based* como a mais apropriada para projetos que encaram ambientes de negócios mais estáveis onde não haja grandes mudanças em intervalos de tempo pequenos o que equivaleria, então em nossas modelagens, a extensões (w) relativamente grandes de janelas de oportunidades.

Desta forma, nossos resultados, apontados pela Figura 4.24 acima, confirmam as suposições de SOBEK. Podemos observar que a região onde o *Point-Based* apresenta maiores Valores Esperados que a abordagem *Set-Based* são aquelas onde as probabilidades de sucesso (p) são relativamente altas em conjunto com extensões (w) da janela de oportunidades também grandes. Por outro lado, a região, na Figura 4.24, onde o *Set-Based* apresenta maiores Valores Esperados corresponde às

situações descritas por SOBEK como projetos mais complicados e incertos ou que encarem ambientes menos estáveis.

É interessante notar que nossas conclusões também confirmam, em parte, os resultados obtidos por EISENHARDT & TABRIZI (1995) no trabalho de campo, que desenvolveram junto a 36 companhias de competição global no ramo de computadores com o objetivo de compreender os padrões da aceleração do desenvolvimento de produtos. Em parte, por que, os autores acima não fazem menção em nenhum momento à *abordagem Set-Based* de Engenharia Simultânea, provavelmente porque não a encontraram em campo.

Os autores descobriram, através de análise de regressões, que a aceleração do processo através de sobreposição ou engenharia simultânea era empregada nas empresas de computadores de grande porte e microcomputadores para as quais o ambiente de negócios se apresenta mais estável e maduro, enquanto que uma abordagem (denominada por eles de experimental) que requer maior controle com mais pontos de revisão e análise de novas tomadas de decisões era a estratégia encontrada em projetos de produtos sob ambientes de maior incerteza como impressoras e computadores pessoais.

A Engenharia Simultânea a que os autores se referem é a tradicional, isto é, a abordagem *Point-Based*. Sendo assim, nossas conclusões estão em concordância com os achados, por EISENHARDT & TABRIZI (1995) de que a Engenharia Simultânea (*Point-Based*) era amplamente empregada em setores que não experimentavam grandes mudanças e incertezas, se considerarmos que janelas de oportunidades de

grandes extensões significam pouca incerteza e baixo ritmo de mudanças nos requisitos do mercado e na diversificação da oferta dos competidores.

4.5 MODELAGEM DA ABORDAGEM SET-BASED REPETIDA EM MAIS DE UM CICLO DE DESENVOLVIMENTO E EFEITOS SOBRE A FRONTEIRA.

O risco (Risco*) de se terminar o ciclo único de desenvolvimento, pela abordagem *Set-Based*, sem ter encontrado um sucesso sequer existe e, é relativamente alto para probabilidades (p) de sucesso pequenas e/ou para relações c/R maiores, conforme Figura 4.17 acima. Sendo assim, passamos agora a buscar uma extensão à modelagem da abordagem *Set-Based* que considere sua repetição em ciclos posteriores de forma a possibilitar a diminuição do Risco* além do aumento no seu Valor Esperado.

As proposições desta nossa extensão são as mesmas do modelo de *Set-Based* em ciclo único, apresentadas na seção 4.3.2 acima, em conjunto com as proposição 2, 3 e 4 do modelo de *Point-Based* apresentada na seção 4.2.2 que consideram, respectivamente, ser necessário sempre um mesmo custo c para desenvolver qualquer alternativa em qualquer ciclo de desenvolvimento, extensões (w) da janela de oportunidades como expressos em números de ciclos de desenvolvimento e o decréscimo linear do faturamento potencial de mercado dentro da extensão da janela. Lembramos que o faturamento potencial de mercado a ser auferido caso o sucesso ocorra ao final do k -ésimo ciclo de desenvolvimento foi apresentado na expressão 4.6 acima.

Assim, tendo saído do $(k-1)$ -ésimo ciclo sem que nenhuma alternativa, desenvolvidas em todos os $k-1$ ciclos, tenha se revelado satisfatória para o lançamento no mercado, a equipe de projeto se defronta com a decisão de continuar com o desenvolvimento de novas N_k

alternativas. N_k é o número de alternativas a serem desenvolvidas no k -ésimo ciclo.

A Figura 4.25 abaixo nos apresenta a representação, em árvore, da decisão de se adentrar ou não ao k -ésimo ciclo e auferir o faturamento $1-(k-1)/w$ na presença de ao menos um sucesso ao final do k -ésimo, desembolsando c/RN_k por desenvolver N_k alternativas neste k -ésimo ciclo e apropriada para o cálculo da contribuição ao Valor Esperado do resultado econômico da abordagem Set-Based com repetição em ciclos.

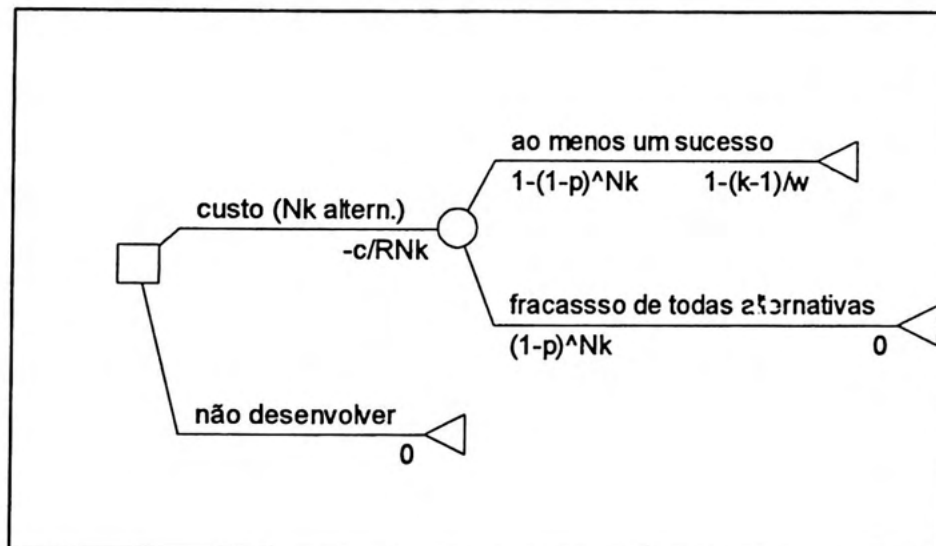


FIGURA 4.25: REPRESENTAÇÃO, EM ÁRVORE, DA DECISÃO DE ADENTRAR AO K -ÉSIMO CICLO COM N_k ALTERNATIVAS PARA SEREM DESENVOLVIDAS.

A expressão 4.21 abaixo nos apresenta a contribuição de se desenvolver N_k novas alternativas no k -ésimo ciclo ao Valor Esperado do resultado econômico da abordagem *Set-Based* com possibilidade de repetição em ciclos.

$$(4.21) \quad E_k \left[\frac{L_{SS}}{R} \right] = (1-p) \sum_{i=1}^{k-1} N_i^* \left\{ \left[1 - (1-p)^{N_k} \left[1 - \frac{(k-1)}{w} \right] - \frac{c}{R} N_k \right] \right\}$$

onde:

- $E_k \left[\frac{L_{SS}}{R} \right]$ é a contribuição do desenvolvimento de N_k alternativas no k -ésimo ciclo ao Valor Esperado do resultado econômico da abordagem *Set-Based* com possibilidade de repetição ciclos;
- $(1-p) \sum_{i=1}^{k-1} N_i^*$ é a probabilidade de, ao final do $(k-1)$ -ésimo ciclo de desenvolvimento, não ter se encontrado ainda nenhum sucesso, onde cada N_i^* é o número ótimo de alternativas que foram desenvolvidas no ciclo i de desenvolvimento;

Impondo que a derivada de primeira ordem da contribuição do k -ésimo ao Valor Esperado do resultado econômico em relação a N_k seja nula, encontramos o número N_k^* de alternativas que maximiza tal contribuição. A expressão de N_k^* está apresentada na expressão 4.22 abaixo. Impondo que a derivada seja nula, teremos:

$$\frac{d \left\{ E_k \left(\frac{L_{SS}}{R} \right) \right\}}{dN_k} = (1-p) \sum_{i=1}^{k-1} N_i^* \left\{ - (1-p)^{N_k} \ln(1-p) \left[1 - \frac{(k-1)}{w} \right] - \frac{c}{R} \right\} = 0$$

Em seguida, teremos:

$$(1-p)^{N_k} = \frac{\frac{-c}{R}}{\ln(1-p) \left[1 - \frac{(k-1)}{w} \right]}$$

$$(4.22) \quad N_k^* = \frac{\ln \left(\frac{-c}{R \ln(1-p) \left[1 - \frac{(k-1)}{w} \right]} \right)}{\ln(1-p)}$$

Faz-se necessário, pois, que o número ótimo de alternativas (N_k^*) seja maior que a unidade de forma a representar a abordagem Set-Based.

Enquanto a contribuição do k-ésimo ciclo ao Valor Esperado do resultado econômico for positivo, então deve-se investir no desenvolvimento das N_k^* novas alternativas. Assim, o critério de continuidade, isto é, o de adentrar ao k-ésimo ciclo com N_k^* alternativas está, pois, apresentado pela expressão 4.23 abaixo.

$$(4.23) E_k \left[\frac{L_{SS}}{R} \right] = (1-p) \sum_{i=1}^{k-1} N_i^* \left\{ \left[1 - (1-p)^{N_k^*} \left[1 - \frac{(k-1)}{w} \right] - \frac{c}{R} N_k^* \right] \right\} > 0$$

Desta forma, a parada ocorre quando não mais for possível satisfazer a condição estabelecida na expressão 4.23 acima, isto é, quando a contribuição ao Valor Esperado do (k^*+1) -ésimo não for positiva, sendo k^* o último ciclo a apresentar contribuição positiva ao Valor Esperado. Assim, o Valor Esperado do resultado econômico da abordagem Set-Based com possibilidade de repetição em vários ciclos atinge seu valor máximo no k^* -ésimo ciclo e pode ser obtida segundo a expressão 4.24 abaixo.

$$(4.24) E^* \left[\frac{L_{SS}}{R} \right] = \sum_{i=1}^{k^*} (1-p) \sum_{j=0}^{i-1} N_j^* \left\{ \left[1 - (1-p)^{N_i^*} \left[1 - \frac{(i-1)}{w} \right] - \frac{c}{R} N_i^* \right] \right\}$$

onde:

- $E^* \left[\frac{L_{SS}}{R} \right]$ é o Valor Esperado Máximo para a abordagem Set-Based com possibilidade de repetição em vários ciclos;

- k^* é o número do último ciclo de desenvolvimento obtido pelo critério de continuidade/parada apresentado na expressão 4.23 acima;
- N_i^* é o número ótimo de alternativas que devem ser desenvolvidas no i -ésimo ciclo, obtido conforme expressão 4.22 acima. Notar que $N_0^*=0$ e fora utilizada somente para efeito de facilitar a apresentação da expressão 4.24 em somatório;
- i é o índice para o número do ciclo.

Com o objetivo de se calcular a Variância e, conseqüentemente o Desvio-Padrão do resultado econômico e o Time-to-market , isto é, o valor esperado do número de ciclos para a ocorrência do sucesso, o Quadro 4.3 abaixo nos apresenta a distribuição de probabilidades para o resultado econômico da abordagem Set-Based com possibilidade de repetição em ciclos até o k^* -ésimo ciclo, considerado o critério de parada.

QUADRO 4.3: RESULTADOS ECONÔMICOS ($l_{ss}(k)/R$) DA ABORDAGEM SET-BASED COM POSSIBILIDADE DE REPETIÇÕES EM CICLOS E RESPECTIVAS PROBABILIDADES, CONSIDERANDO-SE O NÚMERO k^* ÓTIMO DE CICLOS DE DESENVOLVIMENTO.

k	$p(l_{ss}(k)/R)$	$l_{ss}(k)/R$ (\$)
1	$1 - (1 - p)^{N_1^*}$	$1 - (N_1^*) \frac{c}{R}$
2	$(1 - p)^{N_1^*} (1 - (1 - p)^{N_2^*})$	$(1 - \frac{1}{w}) - (N_1^* + N_2^*) \frac{c}{R}$
3	$(1 - p)^{N_1^* + N_2^*} (1 - (1 - p)^{N_3^*})$	$(1 - \frac{2}{w}) - (N_1^* + N_2^* + N_3^*) \frac{c}{R}$
⋮	⋮	⋮
k^*	$(1 - p)^{\sum_{i=1}^{k^*-1} N_i^*} (1 - (1 - p)^{N_{k^*}^*})$	$(1 - \frac{(k^*-1)}{w}) - \sum_{i=1}^{k^*} N_i^* \frac{c}{R}$
k^*+1	$(1 - p)^{\sum_{i=1}^{k^*} N_i^*}$	$\sum_{i=1}^{k^*} N_i^* \frac{c}{R}$

Onde:

- k é o número do ciclo de desenvolvimento onde pode ocorrer o primeiro sucesso dentre as N_k^* alternativas em desenvolvimento, sendo que o sucesso não tenha ocorrido ainda nos $(k-1)$ ciclos anteriores;
- k^* representa o último ciclo viável para desenvolvimento, isto é, o último ciclo para o qual a contribuição ao Valor Esperado ainda é positiva, conforme expressão 4.23 acima;
- k^*+1 representa o evento de não ter ocorrido o sucesso nos k^* primeiros ciclos de desenvolvimento. Tal notação é utilizada de forma a facilitar as expressões em somatórios para o cálculo da Variância;
- $l_{SS}(k)/R$ é o resultado econômico em relação ao faturamento potencial inicial de mercado R , auferido caso o sucesso tenha ocorrido no k -ésimo ciclo de desenvolvimento, e
- $p(l_{SS}(k))$ é a probabilidade de ocorrência do resultado econômico $l_{SS}(k)/R$, decorrente do fato de o primeiro sucesso ocorrer no k -ésimo ciclo de desenvolvimento.

A expressão 4.25 abaixo nos apresenta o cálculo da Variância do resultado econômico e o Valor Esperado do número de ciclos até a ocorrência do sucesso ou *Time to Market* (TTM) é apresentado pela expressão 4.26, na sequência.

$$(4.25) \quad V^* \left(\frac{L_{SS}}{R} \right) = \sum_{i=1}^{k^*+1} \left(\frac{l_{SS}(i)}{R} \right)^2 p \left(\frac{l_{SS}(i)}{R} \right) - \left(E^* \left(\frac{L_{SS}}{R} \right) \right)^2$$

$$(4.26) \quad E^*(k) = TTM = \sum_{i=1}^{k^*} kp(k)$$

onde:

- $p(k)$ é a probabilidade de o primeiro sucesso ocorrer no k -ésimo ciclo

sendo que $p(k) = p \left(\frac{I_{SS}(i)}{R} \right)$ para $\forall k \leq k^*$.

Há o risco de, mesmo tendo prosseguido com o desenvolvimento por k^* ciclos, ainda não se tenha encontrado uma alternativa que pudesse ser lançada ao mercado. O denominamos de Risco do *Set-Based* repetido em ciclos (Risco*(SS)), e seu cálculo é apresentado pela expressão 4.27 abaixo:

$$(4.27) \quad RISCO^*(SS) = (1-p)^{\sum_{i=1}^{k^*} N_i^*}$$

A rotina "Setciclo" desenvolvida em MATLAB versão 4.2 e apresentada no Anexo B do trabalho, calcula os Valores Esperados Máximos para a abordagem *Set-Based* repetida até o k^* -ésimo ciclo e respectivos Desvios-Padrão, *Time-to-Market* e Risco*(SS).

A Figura 4.27, para as relações $c/R=0,001$ e $0,005$, e a Figura 4.28, para as relações $c/R=0,01$ e $0,05$, apresentam os gráficos com os Valores Esperados Maximizados para extensões da janela de $w=1, 5, 10$ e 50 . Os resultados são apresentados nas Tabelas A.12, A.13, A.14 e A.15 no Anexo A do trabalho.

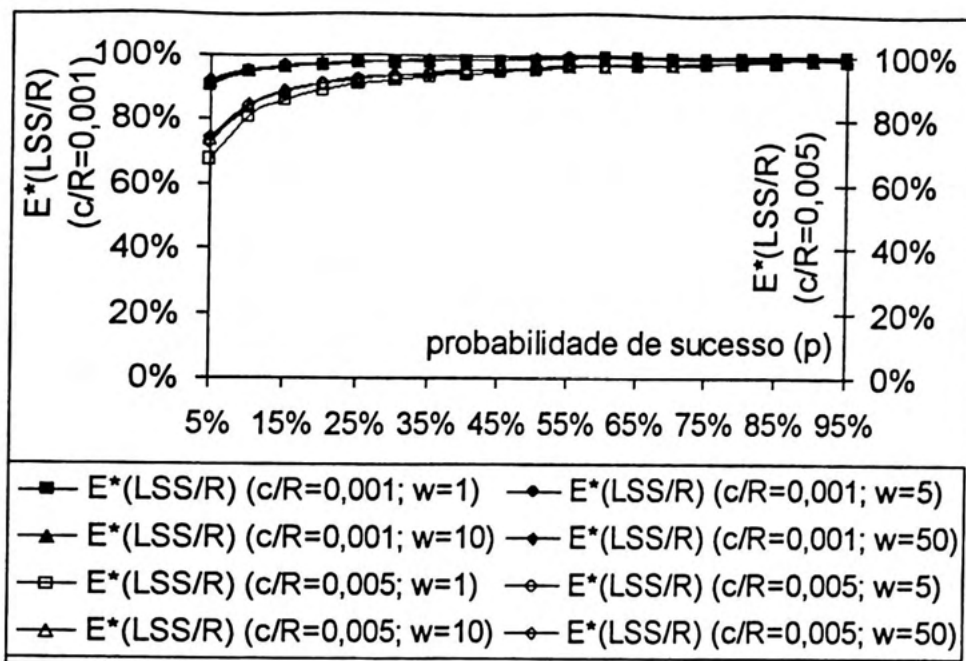


FIGURA 4.27: VALOR ESPERADO MAXIMIZADO ($E^*(LSS/R)$) PARA A ABORDAGEM SET-BASED COM POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO EM CICLOS PARA AS RELAÇÕES $c/R=0,001$, E $0,005$, PARAMETRIZADAS A PROBABILIDADE DE SUCESSO (p) E A EXTENSÃO (w) DA JANELA DE OPORTUNIDADES.

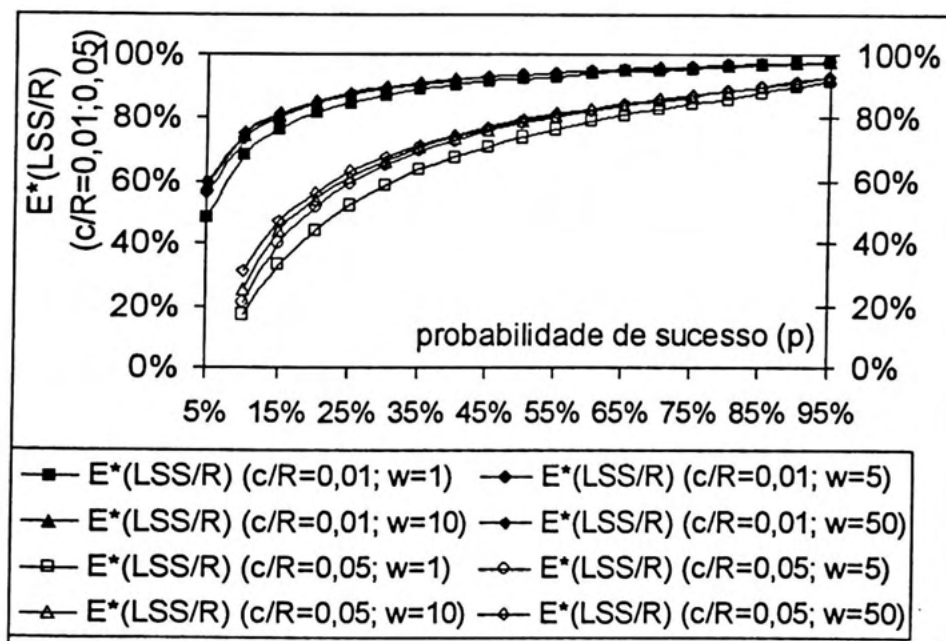


FIGURA 4.28: VALOR ESPERADO MAXIMIZADO ($E^*(LSS/R)$) PARA A ABORDAGEM SET-BASED COM POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO EM CICLOS PARA AS RELAÇÕES $c/R=0,01$ E $0,05$, PARAMETRIZADAS A PROBABILIDADE DE SUCESSO (p) E A EXTENSÃO (w) DA JANELA DE OPORTUNIDADES.

Podemos observar, pelas duas Figuras 4.27 e 4.28 acima, que a possibilidade de se repetir o *Set-Based* em vários ciclos de desenvolvimento não resulta em grande aumento no Valor Esperado em relação àquele relativo ao *Set-Based* de ciclo único, representado pela extensão (w) unitária da janela de oportunidades em ambas as Figuras. O aumento no Valor Esperado só se faz perceber para projetos com alternativas de probabilidades muito pequenas de sucesso e que apresentem, em conjunto, altas relações c/R , como mostra a Figura 4.28 relativa às relações $c/R=0,01$ e $0,05$. Porém, é necessário ainda, para isto, que a extensão da janela seja grande permitindo, assim, o avanço do desenvolvimento sobre ciclos mais tardios.

Isto se deve ao fato de que a probabilidade acumulada do resultado econômico (ou sucesso) do *Set-Based* apresenta uma forma bastante característica: a de se aproximar de 100% logo nos primeiros ciclos o que acaba por dispensar as contribuições ao Valor Esperado dos resultados econômicos de ciclos mais tardios. Tais contribuições só serão consideradas em projetos com alternativas de probabilidades bastante baixas de sucesso, altas relações c/R e associada a grandes extensões (w) de janelas. Nestes casos, o crescimento da probabilidade acumulada é um pouco mais lento permitindo que se considere os resultados de ciclos tardios no Valor Esperado. Isto é o que gera o aumento mais considerável no Valor Esperado nestes projetos, conforme podemos observar na Figura 4.28 acima.

As Figuras 4.29 e 4.30 abaixo nos apresenta os Desvios-padrão ($DP^*(L_{SS}/R)$) e o Risco* (SS), respectivamente para as relações de $c/R=0,001$ e $0,05$, relativos à situação de Máximo Valor Esperado

do resultado econômico para o *Set-Based* com possibilidade repetição em ciclos. Os resultados utilizados para o levantamento das Figuras 4.29 e 4.30 estão apresentados nas Tabelas Tabelas A.12 e A.15 do Anexo A do trabalho.

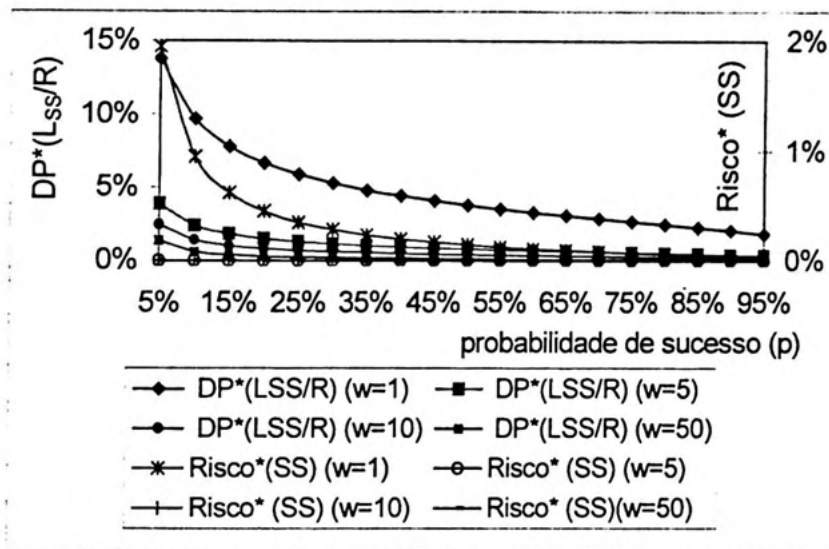


FIGURA 4.29: DESVIO-PADRÃO ($DP^*(L_{ss}/R)$) E RISCO*(SS) PARA A ABORDAGEM SET-BASED COM POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO EM CICLOS PARA A RELAÇÃO $c/R=0,001$, PARAMETRIZADAS A PROBABILIDADE DE SUCESSO (p) E A EXTENSÃO (w) DA JANELA DE OPORTUNIDADES.

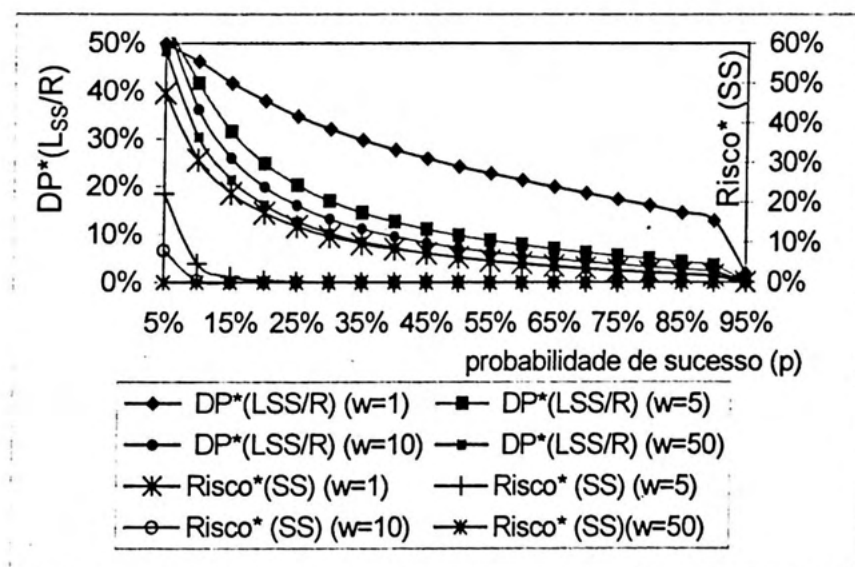


FIGURA 4.30: DESVIO-PADRÃO ($DP^*(L_{ss}/R)$) E RISCO*(SS) PARA A ABORDAGEM SET-BASED COM POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO EM CICLOS PARA A RELAÇÃO $c/R=0,05$, PARAMETRIZADAS A PROBABILIDADE DE SUCESSO (p) E A EXTENSÃO (w) DA JANELA DE OPORTUNIDADES.

Há quedas no Desvio-Padrão e no Risco, maiores tanto quanto forem maiores as extensões (w) da janela de oportunidades, como mostram as Figuras 4.29 e 4.30 acima.

Contudo, a análise mais importante é aquela feita em relação aos efeitos sobre a fronteira de separação das duas regiões de maiores Valores Esperados para cada uma das abordagens. As Figuras 4.31 e 4.32 abaixo nos apresentam então, os efeitos da possibilidade de repetir o *Set-Based* em vários ciclos sobre a fronteira inicial (w^*), construída com base no *Set-Based* de ciclo único de desenvolvimento. A Figura 4.31 se refere às relações $c/R=0,001$ e $0,005$ enquanto a Figura 4.32 às relações $c/R=0,01$ e $0,05$. A Tabela A.16 do Anexo A do trabalho apresenta os resultados.

A rotina "Frontciclo" (em MATLAB versão 4.2), apresentada no Anexo B do trabalho, foi a responsável pela obtenção da nova fronteira de separação das regiões de maiores Valores Esperados para o *Point-Based* e para o *Set-Based* com possibilidade de repetição em ciclos.

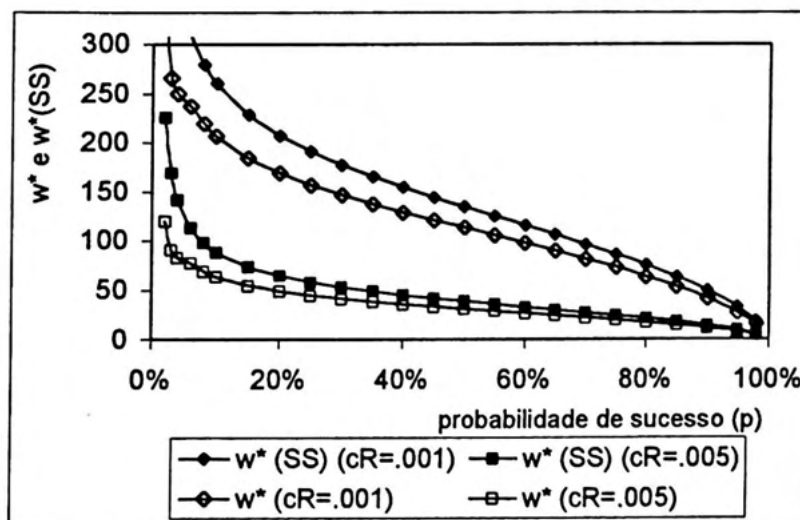


FIGURA 4.31: FRONTEIRAS (w^*) ENTRE AS ABORDAGENS POINT-BASED E SET-BASED DE CICLO ÚNICO E (w^* (SS)) ENTRE O POINT-BASED E O SET-BASED COM POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO EM VÁRIOS CICLOS, PARA AS RELAÇÕES $c/R=0,001$ E $0,005$.

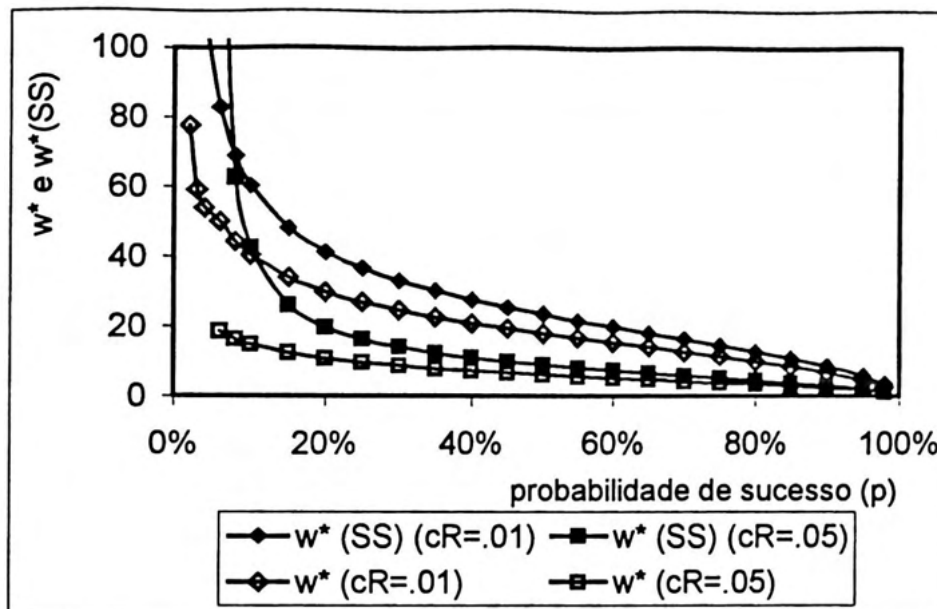


FIGURA 4.32: FRONTEIRAS (w^*) ENTRE AS ABORDAGENS POINT-BASED E SET-BASED DE CICLO ÚNICO E (w^* (SS)) ENTRE O POINT-BASED E O SET-BASED COM POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO EM VÁRIOS CICLOS, PARA AS RELAÇÕES $c/R=0,01$ E $0,05$.

Apesar de o aumento no Valor Esperado ser relativamente pequeno principalmente para relações de c/R baixas como verificamos na Figura 4.27 acima, ele acabou por gerar um aumento considerável da região onde o Valor Esperado da abordagem *Set-Based* é superior.

Podemos dizer que o resultado encontrado por DAHAN é, de certa forma, similar ao nosso. Ele encontra ser a prototipização em paralelo de vários ciclos, relativa ao *Set-Based* com possibilidade de repetição em ciclos em nosso trabalho, como a de melhor resultado quando comparada às prototipizações em série e em paralelo de ciclo único, diante de fatores de descapitalização nem muito altos nem muito pequenos.

O aumento na região do *Set-Based*, isto é, a subida da fronteira (w^* (SS)) entre o *Point-Based* e o *Set-Based* com

possibilidade de repetições é maior para projetos com alternativas de baixas probabilidades de sucesso (p), e é tanto mais pronunciada quanto maior for a relação de c/R . Este é um resultado que confirma, mais uma vez, a característica do *Set-Based* de estratégia de melhor desempenho para projetos mais complicados e mais incertos, segundo SOBEK p.237.

Porém, a novidade é o *Set-Based* aparecer como uma resposta boa a projetos com relações c/R relativamente altas. Este resultado é surpreendente no sentido de que uma das grandes desvantagens do *Set-Based* citada na literatura é a de que é uma abordagem mais cara, não sendo possível aplicá-la em projetos de desenvolvimento naturalmente mais caros, conforme SOBEK p. 236.: "*However, while Set-Based Concurrent Engineering has some potentially significant benefits, set-based systems may be more costly and therefore not necessarily suitable for all situations*".

Podemos observar, pela Figura 4.33 abaixo, que, para uma dada probabilidade (p) de sucesso, as curvas das fronteiras, (w^* (SS)) entre o *Point-Based* e o *Set-Based* com possibilidade de repetição em ciclos, são tanto mais baixas (w^* (SS) menores) quanto maiores forem as relações c/R . Por outro lado, tal comportamento parece apresentar uma tendência de se inverter, para projetos com alternativas de baixas probabilidades (p) de sucesso. Para estes últimos, as curvas de fronteira para projetos mais caros, de relações c/R mais altas, tendem a ficar mais altas (w^* (SS) maiores). Isto decorre do fato, já comentado acima quando da análise dos efeitos sobre o Valor Esperado da repetição do *Set-Based* em vários ciclos, de que as contribuições dos resultados econômicos de ciclos tardios são considerados e acabam por elevar o Valor Esperado da abordagem *Set-Based*

em projetos com altas relações c/R que apresentam também alternativas de baixas probabilidades de sucesso.

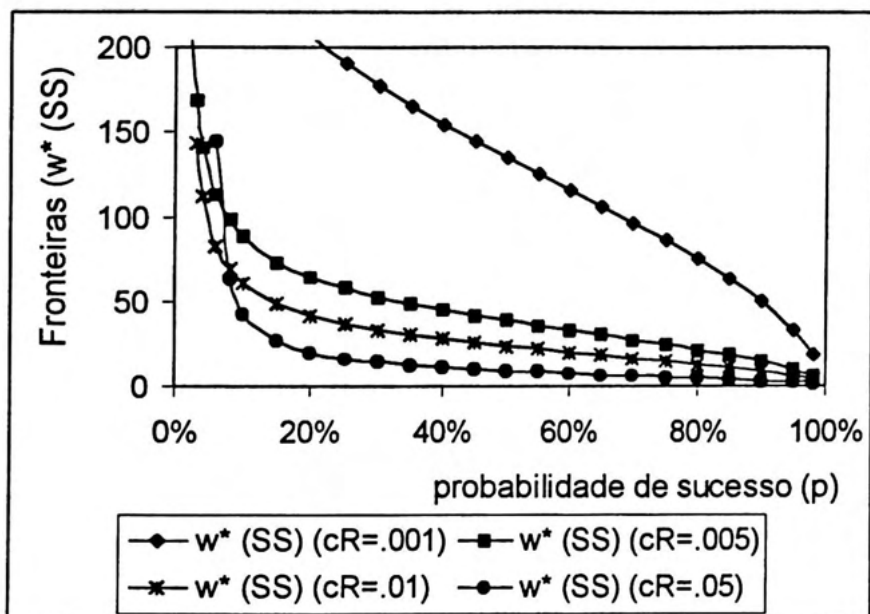


FIGURA 4.33: FRONTEIRAS (w^* (SS)) ENTRE O POINT-BASED E O SET-BASED COM POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO EM VÁRIOS CICLOS, PARA AS RELAÇÕES $c/R=0,001$, $0,005$, $0,01$ E $0,05$.

Este resultado, propício à aplicabilidade da abordagem *Set-Based* em projetos de características bastante desfavoráveis em termos de baixas probabilidades de sucesso e mais caros é uma novidade na literatura, ampliando os tipos e características de projetos para os quais o *Set-Based*, ainda que repetido em ciclos dá melhores respostas em termos de desempenho econômico.

4.6 MODELAGEM DOS EFEITOS DE APRENDIZAGEM SOBRE AS DUAS ABORDAGENS E OBTENÇÃO DA FRONTEIRA.

Esta seção tem o objetivo de analisar os efeitos que os ganhos provenientes de um suposto aprendizado que a equipe de projeto pode apresentar por ter acumulado experiência no desenvolvimento de algumas alternativas de projeto em ciclos anteriores. Tal efeito fora negligenciado até então em nossa pesquisa.

É sabido que o ganho com o aprendizado de um trabalhador ou equipe decorre do acúmulo de conhecimento e experiência que obtêm realizando mais de uma vez a mesma tarefa ou tarefas parecidas. Tal ganho de produtividade pode ser traduzido por uma curva de aprendizagem que contém um certo “percentual de aprendizado”, conforme BALOFF(1971). O tempo ou recursos gastos na execução da tarefa vai caindo, isto significa que a equipe realiza a mesma tarefa cada vez mais rápido ou gastando menos recursos. Se o percentual de aprendizado for, por exemplo de 80%, isto significa que há uma economia de 20% nos recursos (ou tempo) a cada vez que o número de tarefas é dobrado, como podemos observar pela expressão 4.28 abaixo.

$$(4.28) \quad PA = \frac{Y_2}{Y_1} = 80\% , \text{ se } X_2 = 2X_1$$

onde:

- PA é o “percentual de aprendizado” que é a relação entre os recursos ou tempo gastos na tarefa quando se dobra o número de vezes que a tarefa é executada.

- Y_i é a quantidade de recursos ou tempo necessários para a produção do i -ésimo produto ou para a execução da i -ésima vez que se repete uma tarefa;
- X_i representa o volume de produção até o instante i ou o número acumulado de vezes que uma tarefa já tenha sido realizada.

O efeito do aprendizado em nossas modelagens é considerado sobre os gastos incorridos num ciclo de desenvolvimento com uma alternativa de projeto qualquer. Admitimos em todas as modelagens que tal custo era sempre c para qualquer alternativa e em qualquer ciclo de desenvolvimento. Agora se faz a proposição de que tal custo vai diminuindo ao longo dos ciclos com o efeito do aprendizado. Adotamos em nossas modelagens que o percentual de aprendizado seja de 80%.

Assim, o custo de desenvolver a k -ésima alternativa na abordagem *Point-Based* é calculada conforme a curva de aprendizagem apresentada em 4.29 abaixo.

$$(4.29) \quad c_p(k) = c(k-1)^{-0,321928}$$

onde:

- $c_p(k)$ é o custo de desenvolvimento da k -ésima alternativa de projeto diante da experiência de já ter desenvolvido $(k-1)$ alternativas anteriores, segundo a abordagem *Point-Based*;
- c é o custo de desenvolvimento inicial, isto é, o custo para se desenvolver a primeira alternativa de projeto;

Notamos que o expoente de $-0,321928$ assegura um percentual de aprendizado de 80%. Para a abordagem *Set-Based* com possibilidade de repetição em ciclos, a curva de aprendizagem para o custo de desenvolvimento é apresentada na expressão 4.30 abaixo.

$$(4.30) \quad c_S(k) = c \left(\sum_{i=1}^{k-1} N_i^* \right)^{-0,321928}$$

onde:

- $c_S(k)$ é o custo de desenvolvimento de qualquer uma das N_k^* novas alternativas que são conduzidas ao k -ésimo ciclo de desenvolvimento na abordagem Set-Based repetida em $(k-1)$ ciclos anteriores;
- c é o custo de desenvolvimento inicial, isto é, o custo para se desenvolver qualquer uma das N_1^* alternativas de projeto no primeiro ciclo;
- $\sum_{i=1}^{k-1} N_i^*$ é o número total (acumulado) de alternativas já desenvolvidas nos $(k-1)$ ciclos anteriores.

Nossa modelagem, que considera a diminuição dos custos do ciclo de desenvolvimento de uma alternativa como resultado dos ganhos com a aprendizagem é uma extensão à modelagem apresentada na seção 4.5 acima. Desta forma, todas as proposições e expressões da modelagem da seção 4.5 acima continuam válidas bastando para isto que se considere o custo c de desenvolvimento de cada alternativa como dados pelas expressões 4.29 e 4.30 acima, respectivamente para as abordagens *Point-Based* e *Set-Based*.

A rotina "Froncicap", apresentada no Anexo B do trabalho, foi desenvolvida com o objetivo de obtenção da fronteira entre as duas abordagens considerando os efeitos do aprendizado sobre os custos de desenvolvimento conforme as expressões 4.29 e 4.30 acima.

As Figuras 4.34, 4.35, 4.36 e 4.37 abaixo nos apresentam, respectivamente para as relações $c/R=0,001$, $0,005$, $0,01$ e $0,05$, as fronteiras entre as regiões de maiores Valores Esperados do resultado econômico para o Point-Based e o Set-Based com ciclo único de desenvolvimento (w^*), entre o Point-Based e o Set-Based com possibilidade de repetição em ciclos (w^* (SS)) e entre o Point-Based e o Set-Based com possibilidade de repetição em ciclos, considerando-se os ganhos do aprendizado na diminuição dos custos de desenvolvimento (w^* (APR)). As mesmas Figuras 4.34, 4.35, 4.36 e 4.37 nos apresentam também os Valores Esperados ($E^*(L/R)$, $E^*(L/R)(SS)$ e $E^*(L/R)$ (APR)), iguais para as duas abordagens sobre as condições de cada uma das três fronteiras. Os resultados são apresentados nas Tabelas A.17, A18, A19 e A20 do Anexo A do trabalho.

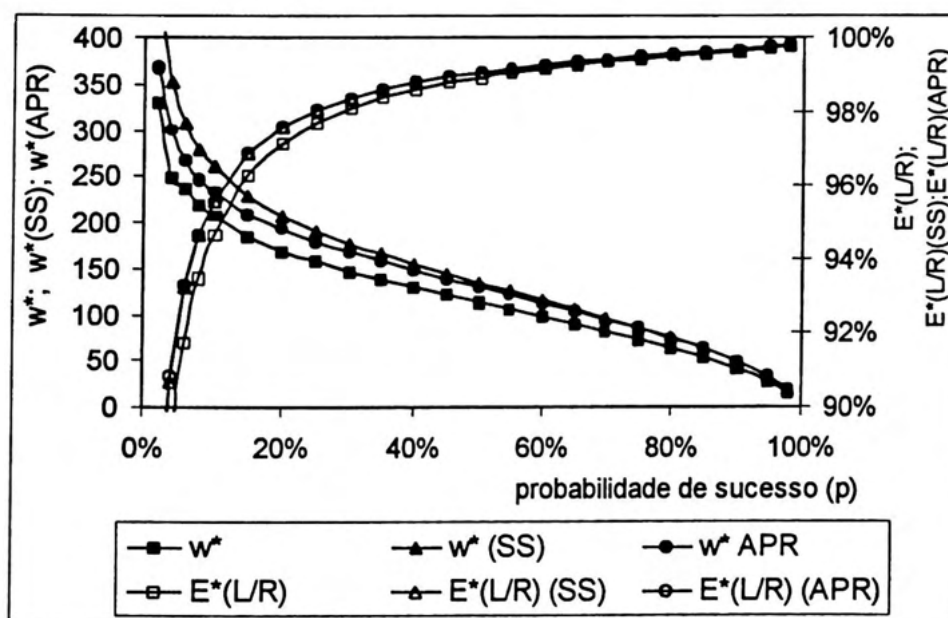


FIGURA 4.34: FRONTEIRAS (w^*) ENTRE AS ABORDAGENS POINT-BASED E SET-BASED DE CICLO ÚNICO, (w^* (SS)) ENTRE O POINT-BASED E O SET-BASED COM POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO EM VÁRIOS CICLOS E (w^* (APR)) ENTRE O POINT-BASED E O SET-BASED COM POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO EM VÁRIOS CICLOS CONSIDERANDO-SE O APRENDIZADO E RESPECTIVOS VALORES ESPERADOS (IGUAIS PARA AS DUAS ABORDAGENS) SOBRE AS CONDIÇÕES DE CADA UMA DAS FRONTEIRAS, PARA $c/R=0,001$.

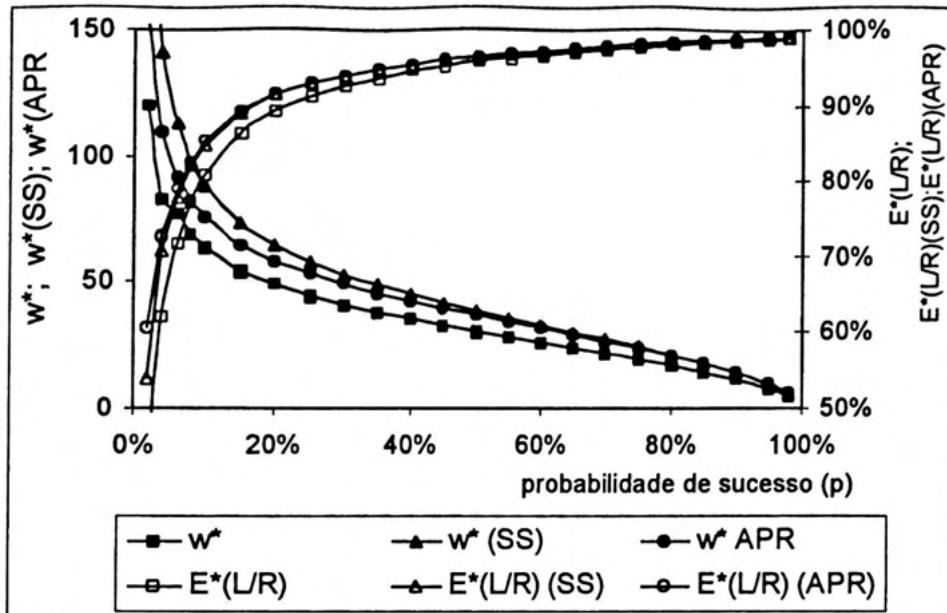


FIGURA 4.35: FRONTEIRAS (w^*) ENTRE AS ABORDAGENS POINT-BASED E SET-BASED DE CICLO ÚNICO, (w^* (SS)) ENTRE O POINT-BASED E O SET-BASED COM POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO EM VÁRIOS CICLOS E (w^* (APR)) ENTRE O POINT-BASED E O SET-BASED COM POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO EM VÁRIOS CICLOS CONSIDERANDO-SE O APRENDIZADO E RESPECTIVOS VALORES ESPERADOS (IGUAIS PARA AS DUAS ABORDAGENS) SOBRE AS CONDIÇÕES DE CADA UMA DAS FRONTEIRAS, $c/R=0,005$.

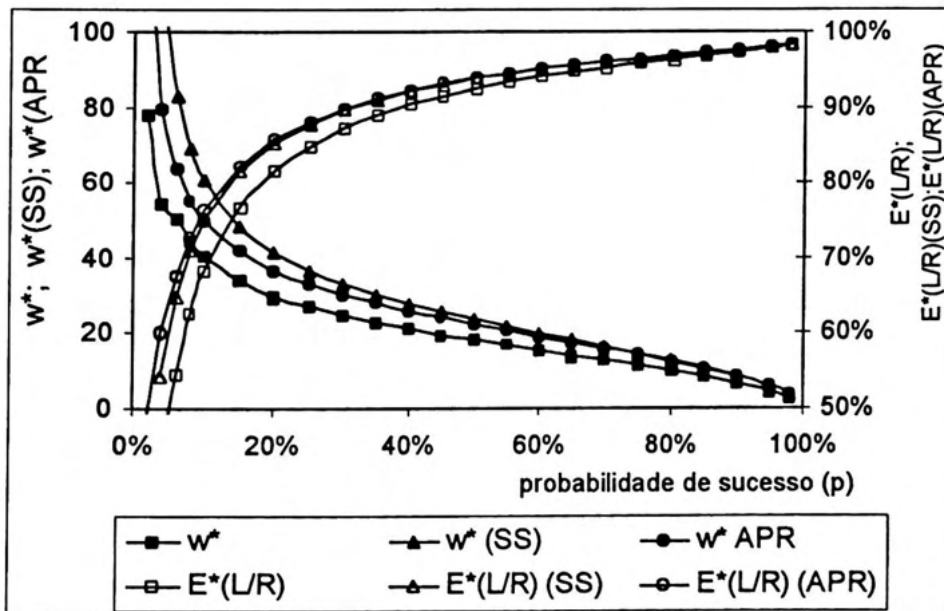


FIGURA 4.36: FRONTEIRAS (w^*) ENTRE AS ABORDAGENS POINT-BASED E SET-BASED DE CICLO ÚNICO, (w^* (SS)) ENTRE O POINT-BASED E O SET-BASED COM POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO EM VÁRIOS CICLOS E (w^* (APR)) ENTRE O POINT-BASED E O SET-BASED COM POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO EM VÁRIOS CICLOS CONSIDERANDO-SE O APRENDIZADO E RESPECTIVOS VALORES ESPERADOS (IGUAIS PARA AS DUAS ABORDAGENS) SOBRE AS CONDIÇÕES DE CADA UMA DAS FRONTEIRAS, $c/R=0,01$.

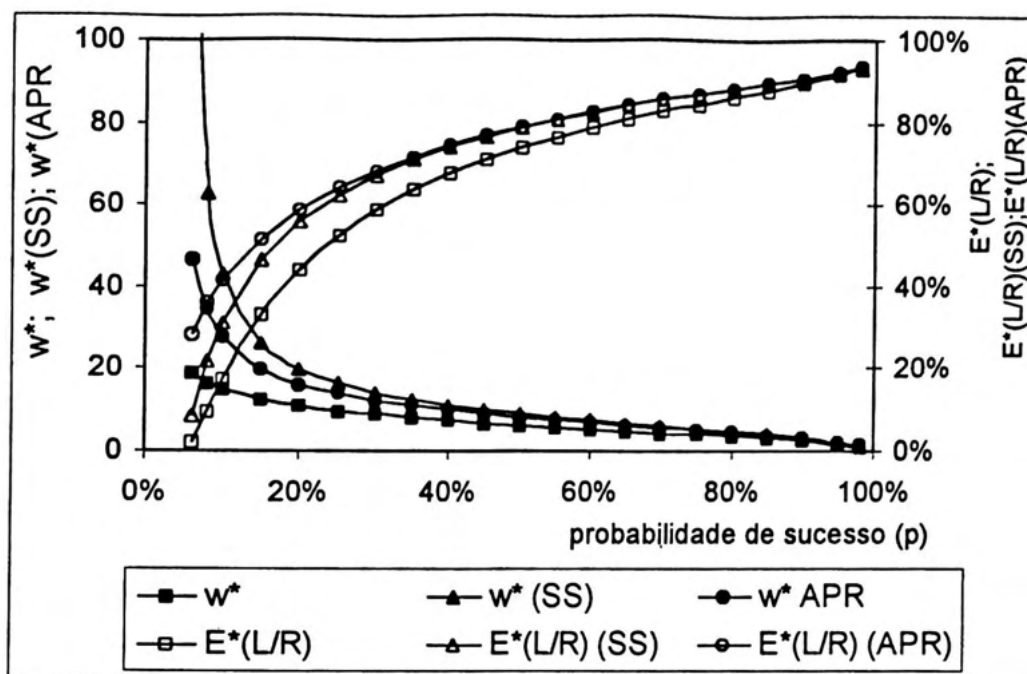


FIGURA 4.37: FRONTEIRAS (w^*) ENTRE AS ABORDAGENS POINT-BASED E SET-BASED DE CICLO ÚNICO, ($w^*(SS)$) ENTRE O POINT-BASED E O SET-BASED COM POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO EM VÁRIOS CICLOS E ($w^*(APR)$) ENTRE O POINT-BASED E O SET-BASED COM POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO EM VÁRIOS CICLOS CONSIDERANDO-SE O APRENDIZADO E RESPECTIVOS VALORES ESPERADOS (IGUAIS PARA AS DUAS ABORDAGENS) SOBRE AS CONDIÇÕES DE CADA UMA DAS FRONTEIRAS, $c/R=0,05$.

Numa primeira análise, podemos notar que os efeitos do ganho com o aprendizado sobre os Valores Esperados para os resultados econômicos de ambas as abordagens são maiores para projetos com alternativas que apresentam baixas probabilidades de sucesso, já que projetos com alternativas de altas probabilidades de sucesso tendem a encontrar o sucesso logo nos primeiros ciclos, não chegando a usufruir dos ganhos com o aprendizado.

Assim, pelas Figuras 4.34, 4.35, 4.36 e 4.37 acima, além do fato de que os efeitos do aprendizado sobre o Valor Esperado são maiores para projetos com alternativas de baixas probabilidades (p) de sucesso, observamos também que a abordagem Point-Based é a mais

beneficiada com os ganhos do aprendizado, já que há uma diminuição na região onde o Valor Esperado do Set-Based é superior, isto é, a curva da fronteira, com aprendizado (w^* (APR)), sofre um pequeno abaixamento em relação àquela (w^* (SS)) sem o efeito do aprendizado. Esta descida que a curva da fronteira sofre é observada para todas as relações c/R parametrizadas em nosso trabalho.

A abordagem *Point-Based* se beneficia mais devido à forma da distribuição de probabilidades de seu resultado econômico ao longo dos ciclos de desenvolvimento, como já comentado na seção 4.5 anterior quando da análise dos efeitos da repetição do *Set-Based* em mais de um ciclo de desenvolvimento. Para projetos com alternativas de baixas probabilidades de sucesso, o crescimento da probabilidade acumulada da ocorrência do retorno econômico (ou do sucesso) é relativamente lenta ao longo de vários ciclos. Assim, os valores econômicos provenientes de ciclos mais tardios têm probabilidades consideráveis, repercutindo no cálculo do Valor Esperado do resultado econômico da abordagem *Point-Based*, o que não ocorre com o *Set-Based*.

O desenvolvimento de um projeto, mesmo com alternativas de baixas probabilidades de sucesso, pela abordagem *Set-Based* apresenta probabilidade bastante alta de o sucesso ocorrer logo nos primeiros ciclos fazendo com que qualquer ganho advindo de aprendizado tenha uma contribuição muito pequena ao Valor Esperado do resultado econômico *do Set-Based*. Em outras palavras, a contribuição do resultado do segundo ou terceiro ciclos, digamos ao Valor Esperado do resultado econômico do *Set-Based* é,

grosso modo, relativamente pequena ainda que carregada de ganhos de aprendizado.

As Figuras 4.38 e 4.39 abaixo nos apresentam, respectivamente para as relações $c/R=0,001$ e $0,05$, os Desvios-Padrão do resultado econômico das duas abordagens para as condições de projeto sobre cada uma das três fronteiras: (w^*) entre o Point-Based e Set-Based de ciclo único; (w^* (SS)) entre o Point-Based e o Set-Based com possibilidade de repetição em ciclos ainda sem os efeitos de aprendizado e (w^* (APR)) entre o *Point-Based* e o *Set-Based* com possibilidade de repetição em ciclos, considerando-se o efeito do aprendizado.

Na sequência, as Figuras 4.40 e 4.41 apresentam, também para as relações de $c/R=0,001$ e $0,05$ respectivamente, os comportamentos dos Riscos de ter que terminar o processo de desenvolvimento, devido ao critério de parada, sem ter conseguido sucesso. São apresentados os Riscos de projetos sob as condições das três fronteiras geridos pelas abordagens *Set-Based* (Risco* associado à fronteira w^* , Risco * (SS) associado à fronteira w^* (SS) e o Risco * (APR) associado à fronteira (w^* (APR))) e geridos pela abordagem *Point_based* ((Risco (k^*) associado à fronteira w^* , Risco(k^*) (SS) associado à fronteira w^* (SS) e o Risco(k^*) (APR) associado à fronteira (w^* (APR))).

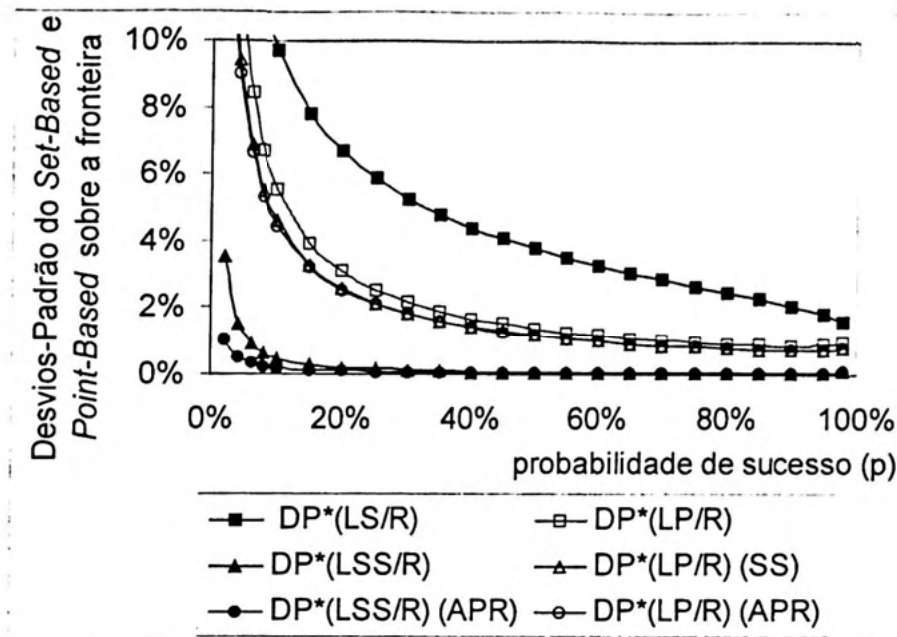


FIGURA 4.38: DESVIOS-PADRÃO DO RESULTADO ECONÔMICO PARA AS DUAS ABORDAGENS SET-BASED E POINT-BASED PARA PROJETOS SOB AS CONDIÇÕES DE CADA UMA DAS TRÊS FRONTEIRAS (w^* ; w^* (SS) E w^* (APR)), PARA A RELAÇÃO $c/R=0,001$.

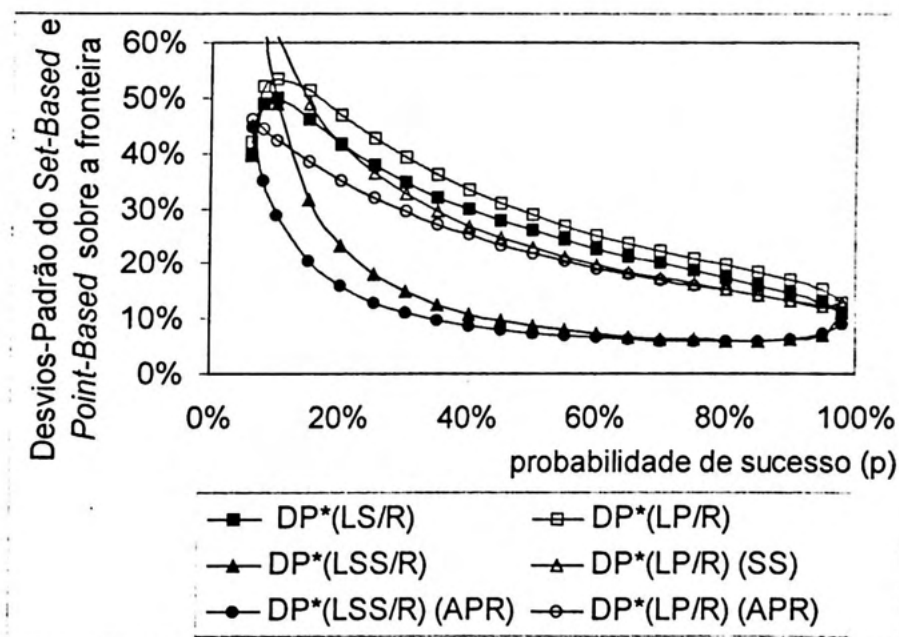


FIGURA 4.39: DESVIOS-PADRÃO DO RESULTADO ECONÔMICO PARA AS DUAS ABORDAGENS SET-BASED E POINT-BASED PARA PROJETOS SOB AS CONDIÇÕES DE CADA UMA DAS TRÊS FRONTEIRAS (w^* ; w^* (SS) E w^* (APR)), PARA A RELAÇÃO $c/R=0,05$.

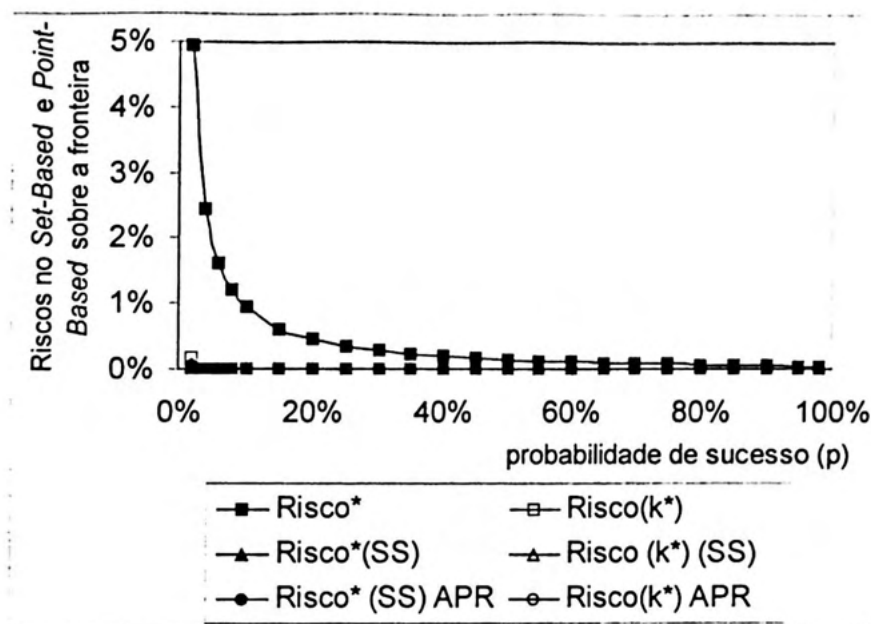


FIGURA 4.40: RISCOS DE TERMINAR O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO SEM TER CONSEGUIDO SUCESSO PARA AMBAS AS ABORDAGENS SET-BASED E POINT-BASED PARA PROJETOS SOB AS CONDIÇÕES DE CADA UMA DAS TRÊS FRONTEIRAS (w^* ; w^* (SS) E w^* (APR)), PARA A RELAÇÃO $c/R=0,001$.

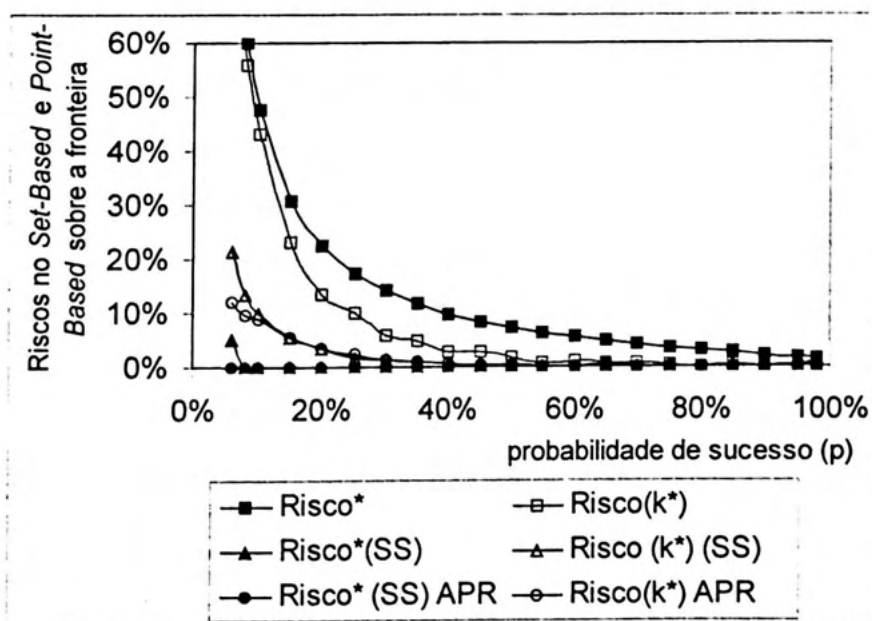


FIGURA 4.41: RISCOS DE TERMINAR O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO SEM TER CONSEGUIDO SUCESSO PARA AMBAS AS ABORDAGENS SET-BASED E POINT-BASED PARA PROJETOS SOB AS CONDIÇÕES DE CADA UMA DAS TRÊS FRONTEIRAS (w^* ; w^* (SS) E w^* (APR)), PARA A RELAÇÃO $c/R=0,05$.

Podemos observar, pelas Figuras 4.38 e 4.39, que os Desvios-Padrão dos resultados econômicos de projetos geridos pelas duas abordagens e com as mesmas condições que as das fronteiras de separação apresentam, no geral, quedas quando comparamos os efeitos da repetição do *Set-Based* e da introdução do aprendizado.

Tanto para projetos de baixas quanto altas relações de c/R , os Desvios-Padrão da abordagem *Set-Based* são menores que os da abordagem *Point-Based* sobre as fronteiras contabilizados os efeitos do aprendizado e da repetição do *Set-Based* em vários ciclos, sendo que tais diferenças são um pouco maiores para projetos de relações de c/R maiores, como podemos observar na Figura 4.39 acima. Os efeitos da possibilidade de repetição do *Set-Based* em vários ciclos proporciona uma queda no Desvio-Padrão sobre as condições da fronteira para o *Set-Based*. Tal efeito se soma àquele já conhecido crescimento mais rápido de sua probabilidade acumulada ao longo dos ciclos levando a menores incertezas.

Pelas Figuras 4.40 e 4.41 acima, podemos observar também que a possibilidade de repetir o *Set-Based* em mais ciclos tem o efeito de zerar o Risco de ter de terminar o processo de desenvolvimento pelo *Set-Based* sem encontrar um sucesso mesmo para projetos de altas relações c/R com alternativas de baixas probabilidades (p) de sucesso. É mais difícil zerar o risco de terminar o projeto sem ter encontrado um sucesso se tal projeto for naturalmente mais caro para ser desenvolvido e apresentar alternativas com probabilidades menores de sucesso, haja visto a ação mais cedo do critério de parada. É por isto que o *Point-Based* ainda apresenta tal risco em patamares consideráveis.

CAPÍTULO 5

MODELO PARA PRODUTO COM DOIS COMPONENTES

Este capítulo apresenta o desenvolvimento das modelagens que representam o desempenho econômico do processo de desenvolvimento de um produto constituído de dois componentes. Assim, como no capítulo anterior, para produto de componente único, são desenvolvidos dois modelos e posteriores extensões, cada um com o objetivo de representar o desempenho econômico do processo de desenvolvimento gerido por uma de ambas as abordagens *Set-Based* e *Point-Based* de Engenharia Simultânea.

As extensões, análogas àquelas do capítulo anterior, aos modelos iniciais consideram os efeitos da possibilidade de o *Set-Based* ser repetido em ciclos e os efeitos do ganhos de produtividade que a equipe de projeto podem colher como resultado de aprendizagem, agora para o desenvolvimento de um produto constituído por dois componentes.

A primeira seção do capítulo apresenta o problema a ser modelado. A segunda seção apresenta a modelagem de representação do desempenho econômico do desenvolvimento, pela abordagem *Set-Based*, de um produto constituído por dois componentes e a apresentação dos resultados, enquanto a terceira seção apresenta a modelagem de representação do desempenho econômico do desenvolvimento,

pela abordagem *Point-Based*, de um produto constituído de dois componentes e a apresentação dos resultados.

A quarta seção apresenta a obtenção da fronteira de separação entre as duas regiões onde cada uma das abordagens apresenta desempenho econômico superior à outra. A quinta e última seção introduz o efeitos da aprendizagem e da possibilidade de repetição em vários ciclos da abordagem *Set-Based* sobre a fronteira de separação, obtida na seção anterior.

5.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA A SER MODELADO.

O problema a ser modelado é o da comparação dos desempenhos econômicos das duas abordagens *Set-Based* e *Point-Based* quando empregadas na gestão do processo de desenvolvimento de um novo produto constituído por dois componentes. Como no problema de componente único apresentado no capítulo anterior, há um faturamento potencial de mercado (R) que seria auferido somente se o produto apresentasse, ao final do processo de desenvolvimento, as condições mínimas de desempenho técnico e qualidade exigidas pelo mercado.

Em sua essência, o problema é o mesmo que aquele apresentado e modelado no capítulo anterior para produto constituído de um componente só. Trata-se de comparar os desempenhos, do ponto de vista de resultado econômico, das duas abordagens *Set-Based* e *Point-Based*

na gestão do processo de desenvolvimento de um novo produto, porém agora, constituído de dois componentes. O desempenho técnico e os atributos de qualidade que o produto vai apresentar ao final do processo de desenvolvimento dependerá não somente dos desempenhos individuais de cada um dos componentes mas também da forma como os componentes interagem entre si quando estiverem integrados e trabalhando em conjunto. A modelagem agora do desenvolvimento de um produto com dois componentes nos remete ao Quadro 2.6 da seção 2.3 do catálogo de pesquisas. O Quadro 2.6 nos apresenta as diferenças entre as as duas abordagens em relação a projetos mais complexos. Consideramos ser o desempenho técnico e atributos de qualidade mínimos exigidos pelo mercado mais difíceis e complicados de serem obtidos por produtos constituídos por um número maior de componentes. O processo torna-se mais restritivo, já que o sucesso envolve agora, não apenas os sucessos individuais de cada um dos dois componentes mas também o sucesso do funcionamento deles em conjunto, quando integrados.

Nos casos de desenvolvimento de produtos com dois componentes, as chances de ocorrência do sucesso global, isto é, de o produto apresentar o desempenho técnico e atributos mínimos de qualidade exigidos pelo mercado ao final de um ciclo de desenvolvimento parecem, pois, serem menores que aquelas apresentadas no desenvolvimento de um produto de componente único, se considerarmos alternativas de projeto com probabilidades de sucesso parecidas.

Os supostos dois componentes do produto podem ser considerados como dois elementos muito simples que integrados

formarão um sistema, ou ainda podemos considerá-los como dois subsistemas que deverão trabalhar em conjunto como um elemento eletrônico e um outro mecânico no caso de um novo sistema de injeção de combustível em novo automóvel ou dois elementos mecânicos que, em conjunto, devem desempenhar uma determinada função como compressor e trocador de calor. Uma outra possibilidade para os dois componentes poderia ser imaginada como uma peça que tem que ser manufaturada por um molde. Podemos considerar que a peça seja encarada como o resultado da ação do molde sobre um certo material. Neste caso, material e molde devem ajustar-se perfeitamente de forma a produzir a peça com todas as características requeridas, sejam geométricas, físicas ou de resistências.

De uma certa forma, podemos utilizar o conceito de integridade interna que CLARK & FUJIMOTO (1991) aplicam para qualificar a consistência de um produto. O produto tem que apresentar integridades tanto interna quanto externa. Segundo os autores, a integridade interna se refere à consistência entre a função e a estrutura de um produto, isto é, os vários componentes devem trabalhar bem em conjunto, enquanto a integridade externa é uma medida de quão bem a função, estrutura e semântica de um produto se encaixa com os objetivos, valores, padrão de utilização e identidade dos consumidores.

De forma a conseguirmos capturar a complexidade maior do produto com dois componentes, consideramos haver uma probabilidade (p) de sucesso para que o “encaixe” entre os dois componentes seja satisfatória além das probabilidades p_A e p_B , que cada

alternativa, respectivamente do componente A e B, tem de apresentar-se individualmente como satisfatória ao final do ciclo de desenvolvimento.

O lançamento do produto e o Faturamento Potencial de Mercado (R) só será auferido se o produto apresentar o nível mínimo de desempenho técnico e de qualidade exigidos pelo mercado. Para isto, é necessário haver três sucessos: que cada um dos componentes tenham, ao final de seu desenvolvimento, se mostrado satisfatórios além da boa integração e funcionamento em conjunto.

Nossas modelagens buscam levantar as distribuições de probabilidades do resultado econômico para os casos em que o projeto é gerido por cada uma das duas abordagens *Set-Based* e *Point-Based* e, conseqüentemente, obter os respectivos Valores Esperados e Desvios-Padrão de forma a comparar os desempenhos econômico das duas abordagens. A idéia básica da modelagem é a mesma utilizada para modelar o problema da obtenção do sucesso no desenvolvimento de um produto de componente único no capítulo anterior.

WU (2000), conforme apresentado na seção 2.4 do Referencial Teórico, desenvolve uma expressão, a partir do trabalho de DAHAN (1998), que modela o Valor Esperado do resultado econômico obtido no desenvolvimento de produto com dois componentes gerido pela abordagem *Set-Based*. No entanto, tal concepção difere da nossa no sentido de que a autora considera que cada alternativa apresente uma espécie de probabilidade do sucesso total que é o evento intersecção do sucesso individual da alternativa com o sucesso no “encaixe” com outro componente. Seu modelo trabalha, pois, com uma probabilidade de sucesso total para qualquer

alternativa de projeto que é, na verdade o produto da probabilidade de sucesso individual da alternativa com a probabilidade de “encaixe” deste com o outro componente.

É neste sentido que nossa modelagem, para a análise do sucesso no desenvolvimento pela abordagem *Set-Based* de produto com dois componentes, é diferente. Nossa concepção é a de que a probabilidade total de “encaixe” seja uma função explícita do número de alternativa, tanto de um quanto do outro componente, que obtiveram, num primeiro momento, sucessos individuais no desenvolvimento. Assim, nosso modelo considera que quanto mais sucessos individuais ocorrerem ao final do ciclo de desenvolvimento, maior será a chance da ocorrência do “encaixe” satisfatório entre duas alternativas (uma de cada componente), isto é, o sucesso do produto como um todo.

O principal objetivo de nossa pesquisa é o de determinar as condições de projeto, como probabilidade de sucesso custo de desenvolvimento e faturamento potencial de mercado, com aquelas relativas ao ambiente de negócios representadas pela janela de oportunidades que, em conjunto, estariam associadas a uma das abordagens (*Set-Based* ou *Point-Based*) de gestão do processo de desenvolvimento. Tal associação seria decorrente do fato de que quando um projeto com determinadas características apresentaria Valor Esperado do resultado econômico superior quando conduzido por uma das abordagens, enquanto a outra abordagem estaria associada a outro conjunto bem determinado de condições de projeto e de ambiente de negócios. Assim como no capítulo anterior, o objetivo é o de se obter a fronteira de separação entre estas duas regiões.

Posteriormente, como no capítulo anterior para o caso de produto constituído de um único componente, analisamos o efeito sobre a fronteira da possibilidade de o *Set-Based* ser repetido em mais de um ciclo e, posteriormente, o efeito da diminuição do custo unitário de um novo ciclo de desenvolvimento devido ao aprendizado que a equipe realizou com a experiência nos ciclos anteriores.

5.2 MODELO DE REPRESENTAÇÃO DA ABORDAGEM BASEADA EM CONJUNTO DE ALTERNATIVAS (*SET-BASED*) PARA PRODUTO COM DOIS COMPONENTES.

A abordagem *Set-Based* de gestão do desenvolvimento de um novo produto constituído de dois componentes consiste em desenvolver, em paralelo, várias alternativas tanto de um quanto do outro componente para que, ao final do ciclo, se tenha condições de avaliar o funcionamento conjunto dos dois componentes e decidir pelo lançamento do produto.

Consideramos haver muitas alternativas de projeto, tanto de um quanto do outro componente, à disposição da equipe para serem desenvolvidas, além de que a empresa dispõe de recursos suficientes para desenvolver muitas alternativas de projeto em paralelo. Neste primeiro modelo, buscamos representar a abordagem *Set-Based* considerando apenas um ciclo de desenvolvimento, isto é, são escolhidas N_A e N_B alternativas de

projeto, respectivamente dos componentes A e B, de forma que todas são desenvolvidas, em paralelo, num mesmo e único ciclo de desenvolvimento.

Para que ocorra o lançamento do produto é necessário que, dentre as alternativas que apresentaram sucesso individuais no desenvolvimento, pelo menos um par delas, uma de cada componente, apresente uma integração ou funcionamento conjunto satisfatório com base em requisitos mínimos exigidos pelo mercado. Ainda que diante da revelação do bom desempenho individual de muitas alternativas ao final do desenvolvimento não ocorrerá lançamento do produto se não se obter o desempenho mínimo do funcionamento conjunto dos componentes.

Nas próximas seções do capítulo, outras extensões a este modelo inicial, são desenvolvidas. Uma extensão analisa a possibilidade e/ou necessidade de se repetir a estratégia *Set-Based* em vários ciclos de desenvolvimento além de uma outra que analisa os efeitos do aprendizado.

5.2.1 PROPOSIÇÕES SOBRE OS PARÂMETROS DO MODELO REPRESENTATIVO DA ABORDAGEM SET-BASED PARA PRODUTO CONSISTIDO DE DOIS COMPONENTES.

As proposições sobre os parâmetros utilizados no modelo da abordagem *Set-Based* para produto com dois componentes são,

de certa forma, muito similares àquelas do modelo de produto de componente único apresentado no capítulo anterior.

PROPOSIÇÃO 1: Visando a uma maior facilidade de modelagem, são consideradas probabilidades p_A e p_B de sucesso individuais no desenvolvimento para toda e qualquer alternativa de projeto relativas, respectivamente, aos componentes A e B. Além disto, há a probabilidade p de sucesso no encaixe ou funcionamento conjunto dos dois componentes que é considerada a mesma para quaisquer pares de alternativas de projeto, uma de cada componente.

O sucesso/fracasso individuais de qualquer uma das alternativas são eventos estatisticamente independentes do sucesso/fracasso de qualquer outra, qualquer que seja o componente e também em relação ao sucesso/fracasso do encaixe de quaisquer pares de alternativas. As probabilidades individuais de sucesso são parametrizadas da seguinte forma: $p_A=p_B=10\%$; $p_A=p_B=50\%$; $p_A=p_B=80\%$; $p_A=10\%$ e $p_B=80\%$. A parametrização da probabilidade de sucesso no encaixe (p) é feita de forma a cobrir todo o intervalo de 0 até 1.

PROPOSIÇÃO 2: Toda e qualquer alternativa de projeto, de qualquer um dos dois componentes, à disposição da equipe apresenta um custo c ao passar por um ciclo de desenvolvimento. Como se escolhe N_A e N_B alternativas dos componentes, respectivamente, A e B para o desenvolvimento, que ocorre num ciclo único, então o custo total de desenvolvimento é $c(N_A+N_B)$.

Considera-se haver uma janela de oportunidade para as vendas do produto que se abre exatamente ao final do primeiro ciclo de desenvolvimento e se fecha um certo número de ciclos adiante, medidos por w , exatamente como modelo de produto de componente único.

PROPOSIÇÃO 3: A extensão w da janela de oportunidades para as vendas do produto é um adimensional, isto é, é expressa em número de ciclos de desenvolvimento, sendo que a abertura da janela coincide com o final do primeiro e único ciclo de desenvolvimento.

PROPOSIÇÃO 4: Como se considera um único ciclo de desenvolvimento, então, com o sucesso, se aufero o próprio faturamento potencial inicial de mercado R , de forma que a extensão da janela de oportunidades não interfere no faturamento a ser auferido.

PROPOSIÇÃO 5: O modelo também parametriza a relação c/R , como forma de facilitar as modelagens e também a análise dos resultados.

Utilizamos a mesma parametrização de c/R adotada nos modelos de produto de componente único apresentados no capítulo anterior, isto é $c/R=0,001, 0,005, 0,01$ e $0,05$.

5.2.2 MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO E OBTENÇÃO DA VARIÂNCIA DO RESULTADO ECONÔMICO PARA A ABORDAGEM SET-BASED.

Se a equipe de projeto escolhe N_A e N_B alternativas relativas aos componentes, respectivamente, A e B, para serem desenvolvidas em um único ciclo, então, ao final do ciclo, X_A e X_B alternativas relativas aos componentes, respectivamente, A e B poderão revelar-se como satisfatórias do ponto de vista de desempenhos individuais. Diante de X_A e X_B sucessos, há uma probabilidade de ocorrência do sucesso conjunto e portanto de se auferir o faturamento potencial inicial de mercado R. A denominamos de probabilidade total de encaixe e será tanto maior quanto mais sucessos individuais ocorrerem ao final do ciclo de desenvolvimento.

Sendo assim, o Valor Esperado do resultado econômico do desenvolvimento, pelo *Set-Based*, de um novo produto constituído por dois componentes é obtido pela expressão 5.1 abaixo.

$$(5.1) E\left(\frac{L_S}{R}\right) = \sum_{X_A=0}^{N_A} \sum_{X_B=0}^{N_B} p(x_A = X_A) p(x_B = X_B) p_E(X_A, X_B) - \frac{C}{R} (N_A + N_B)$$

onde:

- $p(x_A = X_A)$ é a probabilidade de ocorrerem X_A sucessos individuais do componente A ao final do ciclo de desenvolvimento e está apresentada na expressão 5.2 abaixo;
- $p(x_B = X_B)$ é a probabilidade de ocorrerem X_B sucessos individuais do componente B ao final do ciclo de desenvolvimento e, está apresentada na expressão 5.3 abaixo;

- $p_E(X_A, X_B)$ é a probabilidade total de encaixe ou de se obter o funcionamento conjunto satisfatório com pelo menos um par de alternativas dos componentes A e B, diante de X_A e X_B sucessos individuais. A expressão 5.4 abaixo apresenta esta probabilidade;
- N_A e N_B são os números de alternativas, respectivamente, dos componentes A e B levadas ao desenvolvimento.

As expressões 5.2, 5.3 apresentam as expressões das probabilidades de os números de ocorrências de sucessos individuais, ao final do ciclo de desenvolvimento, serem, respectivamente, X_A e X_B , dentre os totais N_A e N_B alternativas dos componentes A e B que foram desenvolvidas no ciclo.

$$(5.2) \quad p(x_A = X_A) = \binom{N_A}{X_A} p_A^{X_A} (1 - p_A)^{N_A - X_A}$$

onde:

- $\binom{N_A}{X_A}$ é o número de combinações possíveis de N_A alternativas sempre com X_A alternativas que lograram êxito individual no ciclo de desenvolvimento;

$$(5.3) \quad p(x_B = X_B) = \binom{N_B}{X_B} p_B^{X_B} (1 - p_B)^{N_B - X_B}$$

onde:

- $\binom{N_B}{X_B}$ é o número de combinações possíveis de N_B alternativas sempre com X_B alternativas que lograram êxito individual no ciclo de desenvolvimento;

A expressão 5.4 abaixo nos apresenta a probabilidade total de encaixe, isto é, a probabilidade de se conseguir ao menos um par de alternativas, dentre os X_A e X_B sucessos individuais, que

apresente funcionamento conjunto satisfatório para que o produto seja lançado no mercado.

$$(5.4) \quad p_E(X_A, X_B) = 1 - (1 - p)^{X_A X_B}$$

onde:

- p é a probabilidade de um par qualquer de alternativas de projeto dos componentes A e B, que obtiveram sucessos individuais no ciclo de desenvolvimento, apresentar-se como um produto satisfatório, isto é, de apresentar funcionamento conjunto satisfatório;

Os números N_A^* e N_B^* de alternativas dos componentes A e B que maximizam o Valor Esperado do resultado econômico têm de ser encontrados através de uma busca numérica, já que o somatório, da expressão 5.1 acima que representa o Valor Esperado do resultado econômico, não se desenvolve numa expressão em termos de função analítica. A busca é baseada no mapeamento do Valor Esperado sobre um grande intervalo de valores para N_A e N_B de forma a se conhecer o ponto de máximo. A expressão 5.5 abaixo nos apresenta o Valor Esperado maximizado para o resultado econômico do desenvolvimento, pelo *Set-Based*, de um produto com dois componentes.

$$(5.5) \quad E^* \left(\frac{L_S}{R} \right) = \sum_{X_A=0}^{N_A^*} \sum_{X_B=0}^{N_B^*} p(x_A = X_A) p(x_B = X_B) p_E(X_A, X_B) - \frac{c}{R} (N_A^* + N_B^*)$$

Denominamos de "somaprob*" a probabilidade de sucesso do produto quando N_A^* e N_B^* alternativas forem desenvolvidas. A expressão 5.6 abaixo nos apresenta o somaprob*.

$$(5.6) \quad somaprob^* = \sum_{X_A=0}^{N_A^*} \sum_{X_B=0}^{N_B^*} p(x_A = X_A) p(x_B = X_B) p_E(X_A, X_B)$$

A Figura 5.1 abaixo nos apresenta a representação em árvore dos resultados econômicos possíveis diante do resultado do desenvolvimento das N_A^* e N_B^* alternativas e respectivas probabilidades de ocorrência, de forma a possibilitar o cálculo da Variância do resultado econômico.

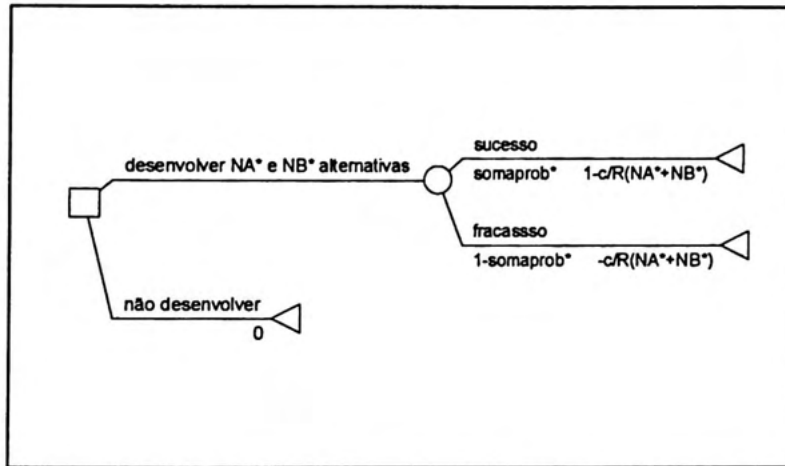


FIGURA 5.1: REPRESENTAÇÃO EM ÁRVORE DOS POSSÍVEIS RESULTADOS DO DESENVOLVIMENTO DE N_A^* E N_B^* ALTERNATIVAS E RESPECTIVAS PROBABILIDADES.

A expressão 5.7 abaixo apresenta o cálculo da Variância do resultado econômico, em seu ponto de máximo, do desenvolvimento, pelo *Set-Based*, de um produto com dois componentes.

$$\begin{aligned}
 V^* \left(\frac{L_s}{R} \right) &= E^* \left[\left(\frac{L_s}{R} \right)^2 \right] - \left[E^* \left(\frac{L_s}{R} \right) \right]^2 = \\
 (5.7) &= \left\{ \left[1 - \frac{c}{R} (N_A^* + N_B^*) \right]^2 somaprob^* + \left(-\frac{c}{R} (N_A^* + N_B^*) \right)^2 (1 - somaprob^*) \right\} - \left[E^* \left(\frac{L_s}{R} \right) \right]^2 = \\
 &= somaprob^* - 2 \frac{c}{R} (N_A^* + N_B^*) somaprob^* + \left(\frac{c}{R} \right)^2 (N_A^* + N_B^*)^2 - \left[E^* \left(\frac{L_s}{R} \right) \right]^2
 \end{aligned}$$

Se $somaprob^*$, dada pela expressão 5.6 acima, é a probabilidade de se conseguir ao menos um sucesso, isto é, ao menos um

par de alternativas de componentes A e B que, quando integrados, apresentem funcionamento e níveis de qualidade satisfatórios para que o produto seja lançado ao mercado, diante do desenvolvimento de NA^* e NB^* que maximizam o Valor Esperado do resultado econômico, então, o Risco* de se terminar o processo de desenvolvimento sem nenhum sucesso é apresentado pela expressão 5.8 abaixo.

$$(5.8) \quad Risco^* = 1 - somaprob^*$$

A rotina "Set-Based2", apresentada no Anexo B do trabalho, foi desenvolvida para obter o Valor Esperado Máximo do resultado econômico do desenvolvimento, pelo Set-Based, de um produto constituído de dois componentes.

As Figuras 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5 abaixo nos apresentam, respectivamente para as relações $c/R=0,001$, $0,005$, $0,01$ e $0,05$, os números ótimos N_A^* e N_B^* de alternativas dos componentes A e B que devem ser conduzidas ao ciclo único de desenvolvimento da *abordagem Set-Based* e respectivos Valores Esperados maximizados ($E^*(L_S/R)$) do resultado econômico do desenvolvimento de um produto de dois componentes. As Tabelas A21, A22, A23 e A24 do Anexo A do trabalho, apresentam estes resultados.

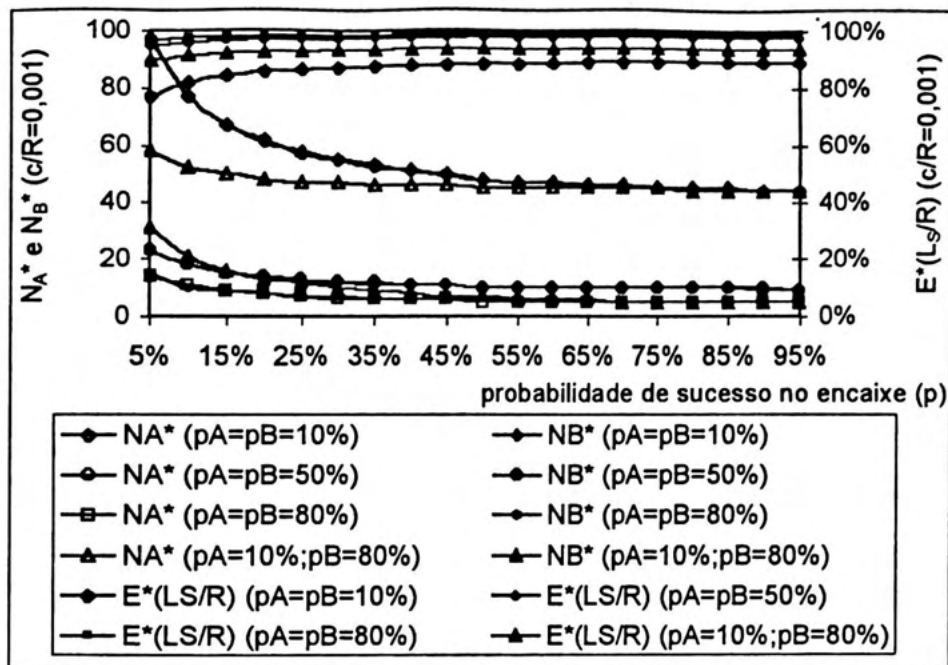


FIGURA 5.2: NÚMERO ÓTIMO NA^* E NB^* DE ALTERNATIVAS A SEREM DESENVOLVIDAS, PELO SET-BASED, E RESPECTIVOS VALORES ESPERADOS DO RESULTADO ECONÔMICO PARAMETRIZADAS AS PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS ($p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%/p_B=80\%$) E A PROBABILIDADE DE ENCAIXE (p), PARA A RELAÇÃO $c/R=0,001$.

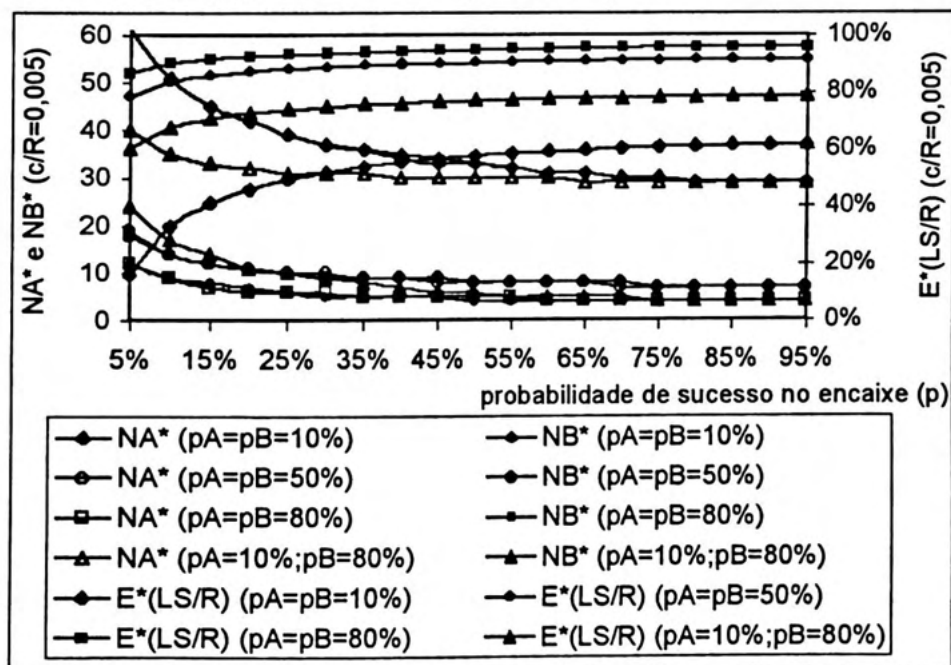


FIGURA 5.3: NÚMERO ÓTIMO NA^* E NB^* DE ALTERNATIVAS A SEREM DESENVOLVIDAS, PELO SET-BASED, E RESPECTIVOS VALORES ESPERADOS DO RESULTADO ECONÔMICO PARAMETRIZADAS AS PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS ($p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%/p_B=80\%$) E A PROBABILIDADE DE ENCAIXE (p), PARA A RELAÇÃO $c/R=0,005$.

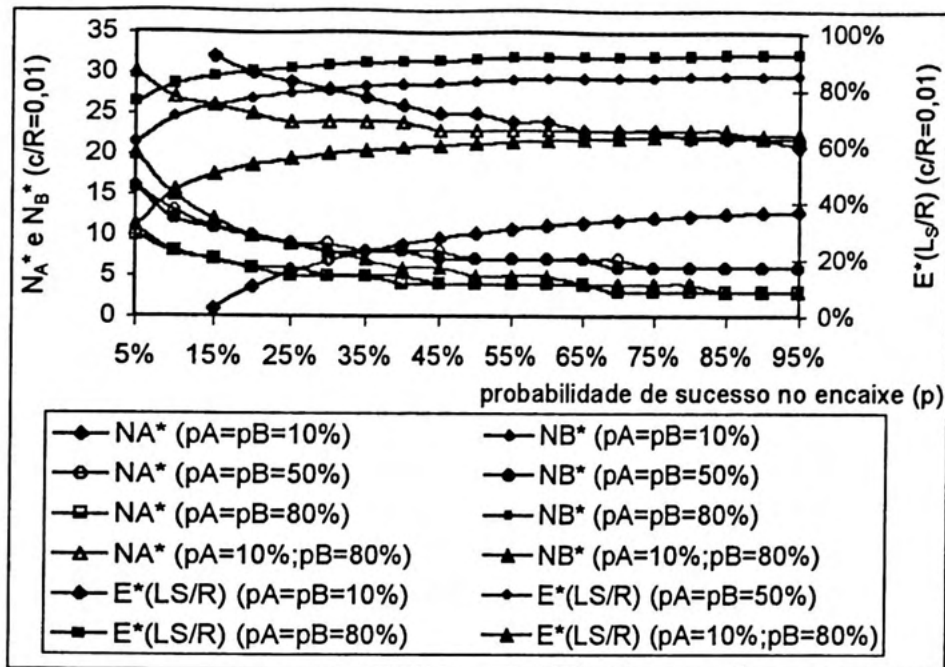


FIGURA 5.4: NÚMERO ÓTIMO NA^* E NB^* DE ALTERNATIVAS A SEREM DESENVOLVIDAS, PELO SET-BASED, E RESPECTIVOS VALORES ESPERADOS DO RESULTADO ECONÔMICO PARAMETRIZADAS AS PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS ($p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%/p_B=80\%$) E A PROBABILIDADE DE ENCAIXE (p), PARA A RELAÇÃO $c/R=0,01$.

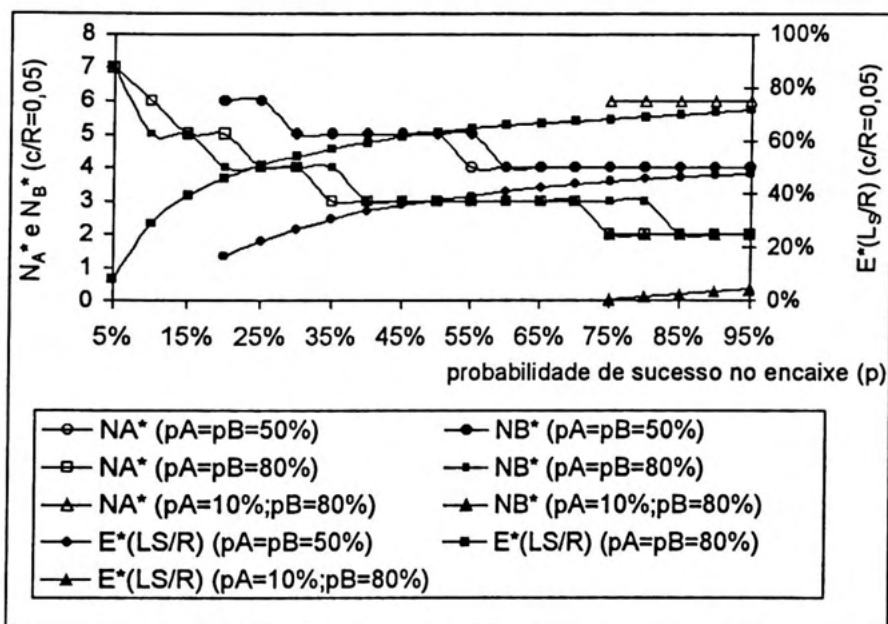


FIGURA 5.5: NÚMERO ÓTIMO NA^* E NB^* DE ALTERNATIVAS A SEREM DESENVOLVIDAS, PELO SET-BASED, E RESPECTIVOS VALORES ESPERADOS DO RESULTADO ECONÔMICO PARAMETRIZADAS AS PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS ($p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%/p_B=80\%$) E A PROBABILIDADE DE ENCAIXE (p), PARA A RELAÇÃO $c/R=0,05$.

O número ótimo N_A^* e N_B^* de alternativas a serem conduzidas ao desenvolvimento pela abordagem *Set-Based* e respectivos Valores Esperados apresentam, no geral, os mesmos comportamentos qualquer que seja a relação c/R do projeto, como podemos observar pelas Figuras 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5 acima.

Observamos também, num primeiro momento que, para algumas condições de projeto, o Valor Esperado maximizado do resultado econômico do desenvolvimento, pelo *Set-Based*, de um produto com dois componentes não é positivo. Por exemplo, projetos de relação $c/R=0,01$ (como na Figura 5.4 acima) e que apresentem níveis da probabilidade de sucesso no encaixe (p_E) de 10% ou menores em conjunto com probabilidades individuais de sucesso de $p_A=p_B=10\%$ não apresentam Valor Esperado positivo para o resultado econômico. Não há Valor Esperado positivo para o resultado econômico para projetos com relação $c/R=0,05$ e probabilidades individuais de $p_A=p_B=10\%$, qualquer que seja o nível da probabilidade de encaixe (p_E), conforme Figura 5.5 acima, onde também podemos observar que só haverá Valor Esperado positivo para o resultado econômico se a probabilidade de sucesso no encaixe (p_E) for superior a 75%, para projetos onde as alternativas apresentem probabilidades de sucesso individuais de $p_A=10\%$ e $p_B=80\%$ e relação $c/R=0,05$.

Notamos que projetos com alternativas de probabilidades individuais de sucesso menores (como por exemplo os casos de $p_A=p_B=10\%$) necessitam de um número ótimo (N_A^* e N_B^*) maior de alternativas a serem desenvolvidas. Qualquer que sejam as relações de c/R e

também que há a necessidade de um número ótimo de alternativas maior se a probabilidade de sucesso no encaixe (p_E) for pequena.

De certa forma, estes resultados eram esperados pois são bastante similares àqueles obtidos na Figura 4.16 para os números ótimos de alternativas e Valores Esperados do resultado econômico para o desenvolvimento, pela abordagem *Set-Based*, de um produto de componente único apresentada no capítulo anterior.

5.3 MODELO DE REPRESENTAÇÃO DA ESTRATÉGIA PONTO-A-PONTO (*POINT-BASED*) PARA DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO CONSTITUÍDO DE DOIS COMPONENTES.

O desenvolvimento de um produto constituído por dois componentes pela abordagem *Point-Based* consiste em conduzir ao ciclo de desenvolvimento um par de alternativas, uma de cada componente. Diante do fracasso, ao final do ciclo, a equipe se depara com a decisão de abortar ou continuar com o processo de desenvolvimento, iniciando um novo ciclo com um novo par de alternativas para ser desenvolvido. Consideramos ser mais difícil a obtenção do sucesso no desenvolvimento de um produto com dois componentes já que, além dos sucessos individuais das duas alternativas em desenvolvimento, há a necessidade do sucesso no funcionamento conjunto ou no encaixe das duas alternativas.

O produto deve apresentar, pois, os requisitos mínimos de funcionamento e qualidade exigidos pelo mercado para, ao ser lançado, auferir-se o faturamento potencial de mercado. Consideramos serem maiores as chances da ocorrência do sucesso no funcionamento conjunto de um par qualquer de alternativas, uma de cada componente é claro, diante de um estoque maior de sucessos individuais. Assim, o fato de um ciclo qualquer revelar algum sucesso individual fará com que a probabilidade total de sucesso de encaixe ocorrer ao final deste ciclo seja maior.

O objetivo do modelo é o de levantar a distribuição de probabilidades para a ocorrência do sucesso do produto e

consequentemente do resultado econômico auferido quando do lançamento do produto no mercado.

5.3.1 PROPOSIÇÕES SOBRE OS PARÂMETROS DO MODELO REPRESENTATIVO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM *POINT-BASED*, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO DE DOIS COMPONENTES.

Abaixo, temos as proposições sobre os parâmetros do modelo representativo do resultado econômico de um processo de desenvolvimento, pela abordagem *Point-Based*, de um produto constituído de dois componentes.

PROPOSIÇÃO 1: São consideradas probabilidades p_A e p_B de sucesso individuais no desenvolvimento para toda e qualquer alternativa de projeto relativas, respectivamente, aos componente A e B. Além disto, há a probabilidade p de sucesso no encaixe ou funcionamento conjunto dos dois componentes que é considerada a mesma para quaisquer pares de alternativas de projeto, uma de cada componente.

A probabilidade total de encaixe (p_E), ao final de um ciclo qualquer de desenvolvimento é função do número de sucesso individuais de alternativas de cada um dos componentes conseguidos até então, em outras palavras, os sucessos individuais obtidos em ciclos anteriores são utilizados com sucessos individuais obtidos mais recentemente de forma a se conseguir um par que apresente funcionamento satisfatório.

O sucesso/fracasso individuais de qualquer uma das alternativas são eventos estatisticamente independentes do sucesso/fracasso de qualquer outra, qualquer que seja o componente e também em relação ao sucesso/fracasso do encaixe de quaisquer pares de alternativas. As probabilidades individuais de sucesso são parametrizadas da seguinte forma: $p_A=p_B=10\%$; $p_A=p_B=50\%$; $p_A=p_B=80\%$; $p_A=10\%$ e $p_B=80\%$. A parametrização da probabilidade de sucesso no encaixe (p) é feita de forma a cobrir todo o intervalo de 0 até 1.

A cada novo ciclo de desenvolvimento gasta-se uma quantia $2c$ com o desenvolvimento de todo e qualquer par de alternativas de projeto. Neste primeiro modelo, não se considera a possibilidade de diminuição do custo (c de uma alternativa em um ciclo qualquer) como resultado de aprendizado.

PROPOSIÇÃO 2: Consideramos que, para todo e qualquer ciclo de desenvolvimento, a equipe sempre conduz um par de alternativas ao desenvolvimento, uma de cada componente. Assim, o custo de um ciclo de desenvolvimento, qualquer que seja é sempre $2c$, já que toda e qualquer alternativa, de qualquer um dos componentes, apresenta o mesmo custo c para ser desenvolvida num ciclo qualquer. Levanta-se, pois, a proposição de que não há alteração na quantidade/qualidade dos recursos alocados para o processo, nem do time, ao longo dos vários ciclos de desenvolvimento. Não estão sendo considerados também ganhos, nos custos ou no tempo médio do ciclo, como decorrência de eventuais aprendizados e nem tampouco eventuais incrementos de dificuldades ou complexidade ao longo dos ciclos. A

parametrização é feita com a relação c/R , conforme apresentado na Proposição 5 abaixo.

Considera-se haver uma janela de oportunidade para as vendas do produto que se abre exatamente ao final do primeiro ciclo de desenvolvimento e se fecha um certo número de ciclos adiante, medidos por w .

PROPOSIÇÃO 3: A extensão w da janela de oportunidades para as vendas do produto é uma grandeza adimensional, isto é, é expressa em número de ciclos de desenvolvimento, sendo que a abertura da janela coincide com o final do primeiro ciclo de desenvolvimento.

O modelo contempla um decréscimo linear, ao longo dos ciclos, do faturamento potencial de mercado que é auferido com o sucesso, isto é, como consequência do lançamento do produto que acabara de se revelar como satisfatório.

PROPOSIÇÃO 4: O faturamento potencial inicial de mercado R , auferido somente se o produto apresentar o nível mínimo de desempenho e qualidade exigidos pelo mercado, está à disposição da empresa se e somente se o produto for lançado logo na abertura da janela, explorando assim toda a extensão da janela de oportunidade de vendas, caso contrário a receita potencial decresceria linearmente até se anular, caso em que o produto ideal chegasse ao mercado somente ao final da janela.

PROPOSIÇÃO 5: Os modelos parametrizam a relação c/R , como forma de facilitar as modelagens e também a análise dos resultados.

As parametrizações da relação c/R e da extensão (w) da janela de oportunidades são as mesmas utilizadas nos modelos de desenvolvimento de um produto de componente único apresentado no capítulo anterior (c é o custo de um ciclo de desenvolvimento), isto é, os valores de c/R são 0,001; 0,005; 0,01 e 0,05, e os valores para a extensão (w) da janela de oportunidades são $w=1$; $w=5$; $w=10$; e $w=50$.

5.3.2 DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADES, MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO E VARIÂNCIA DO RESULTADO ECONÔMICO PARA O DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM *POINT-BASED*, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES.

O primeiro objetivo desta seção é o de obter a distribuição de probabilidades para a ocorrência do sucesso e, conseqüentemente, também para o resultado econômico proveniente do desenvolvimento, pela abordagem *Point-Based*, de um produto com dois componentes. Num segundo momento, conhecida a distribuição de probabilidades, procuramos determinar a estratégia que leva à obtenção do Máximo para o Valor Esperado do resultado econômico e respectivas Variância e o Risco de ter de terminar o processo sem ter obtido o sucesso.

De forma a obter a distribuição de probabilidades para a ocorrência do sucesso, isto é, a probabilidade de o sucesso ocorrer ao final do k -ésimo ciclo de desenvolvimento, tomamos o caso de $k=3$. Assim, vamos procurar determinar a probabilidade de o sucesso

ocorrer ao final do terceiro ciclo de desenvolvimento. Entendemos o sucesso como a obtenção de um par de alternativas, dentre os vários sucessos individuais já obtidos, revelar funcionamento conjunto e níveis de qualidade superiores aos mínimos exigidos pelo mercado.

Se vamos procurar a probabilidade de o sucesso ocorrer ao final do terceiro ciclo de desenvolvimento, é claro, que há hipótese implícita de que ele ainda não tenha ocorrido nos dois ciclos anteriores, apesar da possibilidade de ocorrência de sucessos individuais. Esta possibilidade, de terem ocorrido sucessos individuais nos dois primeiros ciclos, torna a obtenção da probabilidade, de o sucesso total ocorrer ao final do terceiro ciclo, uma tarefa um tanto trabalhosa, pois temos de considerá-las, todas, no cálculo.

Trata-se, pois, de levantar todas as possibilidades que podem levar à ocorrência do sucesso ao final do terceiro ciclo e calcular as respectivas probabilidades. Tais possibilidades se referem ao número de sucessos individuais com alternativas de cada um dos componentes obtidos, no caso considerado, até o final do terceiro ciclo. Como todas estas possibilidades são referentes a eventos mutuamente excludentes e exaustivos, encontraremos a probabilidade de o sucesso ocorrer ao final do terceiro ciclo simplesmente somando-as.

Diante de cada uma das possibilidades de ocorrência de sucessos individuais em todos os três ciclos de desenvolvimento, passamos ao cálculo da respectiva probabilidade total de encaixe (p_E) que depende do estoque de sucessos individuais obtidos.

O quadro 5.1 abaixo nos mostra todas as possibilidades quanto ao estoque (y_A e y_B) de sucessos individuais de alternativas ao final do terceiro ciclo, porém considerando que houve sucesso individual para as três alternativas do componente A, isto é, $y_A=3$. Além disto, a tabela apresenta também as probabilidades ($p(y_A=Y_A, y_B=Y_B)$) de ocorrências destes eventos e a respectiva probabilidade de o sucesso total ocorrer no final deste terceiro ciclo, isto é a probabilidade total de encaixe (p_E) diante de cada evento considerado.

Outros eventos, onde não se apresentam três sucessos individuais de nenhum dos componentes A e B, mas que também podem levar ao sucesso no desenvolvimento do produto ao final do terceiro ciclo serão considerados posteriormente.

QUADRO 5.1: APRESENTAÇÃO DOS VÁRIOS EVENTOS y_A e y_B REFERENTES AOS SUCESSOS INDIVIDUAIS DE ALTERNATIVAS DE PROJETOS DE COMPONENTES A E B, E RESPECTIVAS PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA ($p(y_A=Y_A, y_B=Y_B)$) E PROBABILIDADE DE O ENCAIXE (p_E) OCORRER AO FINAL DO TERCEIRO CICLO, MANTIDO SEMPRE $Y_A=3$.

Y_A	Y_B	$p(y_A=Y_A, y_B=Y_B)$	p_E	N.o Combinações
3	3	$p_A^3 p_B^3 (1-p)^4$	$1-(1-p)^5$	$1 = C_{2,2}$
3	2	$p_A^3 p_B^2 (1-p_B)(1-p)^4$	$1-(1-p)^2$	$1 = C_{2,2}$
3	2 (1 em k=3)	$p_A^3 p_B^2 (1-p_B)(1-p)^2$	$1-(1-p)^4$	$2 = C_{2,1}$
3	1	$p_A^3 p_B^1 (1-p_B)^2 (1-p)^2$	$1-(1-p)^1$	$2 = C_{2,1}$
3	1 (1 em k=3)	$p_A^3 p_B^1 (1-p_B)^2$	$1-(1-p)^3$	$1 = C_{2,0}$
3	0	$p_A^3 (1-p_B)^3$	$1-(1-p)^0$	$1 = C_{2,0}$

O produto, para um evento qualquer apresentado no Quadro 5.1 acima, de sua respectiva probabilidade de ocorrência ($p(y_A=Y_A, y_B=Y_B)$) pela probabilidade de o encaixe (p_E), ou funcionamento conjunto, acontecer a partir de sua ocorrência representa a probabilidade de uma das possibilidades de o sucesso no desenvolvimento do produto ocorrer ao final do terceiro ciclo. Por outro lado, estes eventos y_A e y_B , apresentados no Quadro 5.1 acima, representam somente uma parte de todos os eventos possíveis de y_A e y_B referentes ao número de sucessos individuais de alternativas de componentes A e B ao final do terceiro ciclo. Numa primeira análise, temos de considerar os eventos análogos, porém agora com $y_B=3$. Para estes eventos as probabilidades de o encaixe ocorrer ao final do terceiro ciclo são as mesmas, sendo mesmas também as estruturas de probabilidades de ocorrência dos eventos.

Consideraremos, como já mencionado acima, posteriormente, ainda outros eventos que podem levar ao sucesso do produto também ao final do terceiro ciclo, onde não haja três sucessos individuais de nenhum dos dois componentes A e B, contudo o somatório da expressão 5.9 abaixo nos apresenta uma parte da probabilidade de o sucesso do produto ocorrer ao final do terceiro ciclo, a qual denominamos probabilidade dos eventos superiores externos $PSE(k)$ de o sucesso no desenvolvimento do produto ocorrer ao final do k -ésimo ciclo e, está relacionada somente aos eventos com $y_A=k$ ou $y_B=k$ ($y_A=3$ ou $y_B=3$, no exemplo).

$$(5.9) PSE(k) = \sum_{i=0}^k \sum_{j=i-1}^i [p_A^k p_B^i (1-p_B)^{k-i} + p_B^k p_A^i (1-p_A)^{k-i}] (1-p)^{j(k-1)} [1-(1-p)^{k-i}] C_{(k-1),j} - p_A^k p_B^k (1-p)^{(k-1)^2} [1-(1-p)^{2k-1}]$$

A subtração do último termo, na expressão 5.9 acima, é necessária para não haver contagem dupla dos eventos do tipo $y_A=y_B=k$, onde k é o número do ciclo para o qual está se calculando a probabilidade de o sucesso no desenvolvimento do produto ocorrer. Além disto, deve-se calcular o somatório da expressão 5.9 acima somente para os casos onde $j \leq k-1$, sendo que o contador j deverá ser considerado zero se $i=0$, pelo fato de $i=0$ implicar $j = i-1 = -1$, logo no início.

Prosseguindo na obtenção da probabilidade de o sucesso no desenvolvimento do produto ocorrer ao final do terceiro ciclo, devemos, agora, considerar os outros eventos y_A e y_B do número de sucessos individuais de alternativas ao final do terceiro ciclo. Nenhum destes eventos apresentam três (número do ciclo considerado para o cálculo da probabilidade do sucesso) sucessos individuais para um mesmo componente, seja ele A ou B, pois estes eventos já foram considerados no Quadro 5.1 e no cálculo da denominada probabilidade dos eventos superiores externos ($PSE(k)$) apresentada na expressão 5.9 acima.

Dividimos em dois conjuntos denominados eventos superiores internos e eventos internos iguais de forma a facilitar a sintetização das expressões das respectivas probabilidades em somatórios. Assim, na sequência, os Quadros 5.2 e 5.3 apresentam, respectivamente, os eventos superiores internos e os eventos internos iguais com respectivas probabilidades de ocorrência ($p(y_A=Y_A, y_B=Y_B)$) e probabilidade de o encaixe (p_E) ocorrer ao final do terceiro ciclo a partir de tais eventos.

QUADRO 5.2: APRESENTAÇÃO DOS VÁRIOS EVENTOS y_A e y_B DENOMINADOS SUPERIORES INTERNOS, REFERENTES AOS SUCESSOS INDIVIDUAIS DE ALTERNATIVAS DE PROJETOS DE COMPONENTES A E B, E RESPECTIVAS PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA ($p(y_A=Y_A, y_B=Y_B)$) E PROBABILIDADE DE O ENCAIXE (p_E) OCORRER AO FINAL DO TERCEIRO CICLO.

Y_A	Y_B	$p(y_A=Y_A, y_B=Y_B)$	p_E	N.o Comb.
2	1	$p_A^2 p_B (1-p_A)(1-p_B)^2 (1-p)^2$	$1-(1-p)^0$	$2 = C_{2,2} C_{2,1}$
2	1 (1 em k=3)	$p_A^2 p_B (1-p_A)(1-p_B)^2$	$1-(1-p)^2$	$1 = C_{2,2} C_{2,0}$
2 (1 em k=3)	1	$p_A^2 p_B (1-p_A)(1-p_B)^2 (1-p)$	$1-(1-p)^1$	$4 = C_{2,1} C_{2,1}$
2 (1 em k=3)	1 (1 em k=3)	$p_A^2 p_B (1-p_A)(1-p_B)^2$	$1-(1-p)^2$	$2 = C_{2,1} C_{2,0}$
2	0	$p_A^2 (1-p_A)(1-p_B)^3$	$1-(1-p)^0$	$1 = C_{2,2} C_{2,0}$
2 (1 em k=3)	0	$p_A^2 (1-p_A)(1-p_B)^3$	$1-(1-p)^0$	$2 = C_{2,1} C_{2,0}$
1	0	$p_A (1-p_A)^2 (1-p_B)^3$	$1-(1-p)^0$	$2 = C_{2,1} C_{2,0}$
1 (1 em k=3)	0	$p_A (1-p_A)^2 (1-p_B)^3$	$1-(1-p)^0$	$1 = C_{2,0} C_{2,0}$

QUADRO 5.3: APRESENTAÇÃO DOS VÁRIOS EVENTOS y_A e y_B DENOMINADOS INTERNOS IGUAIS, REFERENTES AOS SUCESSOS INDIVIDUAIS DE ALTERNATIVAS DE PROJETOS DE COMPONENTES A E B, E RESPECTIVAS PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA ($p(y_A=Y_A, y_B=Y_B)$) E PROBABILIDADE DE O ENCAIXE (p_E) OCORRER AO FINAL DO TERCEIRO CICLO.

Y_A	Y_B	$p(y_A=Y_A, y_B=Y_B)$	p_E	N.o Comb.
2	2	$p_A^2 p_B^2 (1-p_A)(1-p_B)(1-p)^4$	$1-(1-p)^0$	$1 = (C_{2,2})^2$
2	2 (1 em k=3)	$p_A^2 p_B^2 (1-p_A)(1-p_B)(1-p)^2$	$1-(1-p)^2$	$2 = C_{2,2} C_{2,1}$
2 (1 em k=3)	2	$p_A^2 p_B^2 (1-p_A)(1-p_B)(1-p)^2$	$1-(1-p)^2$	$2 = C_{2,2} C_{2,1}$
2 (1 em k=3)	2 (1 em k=3)	$p_A^2 p_B^2 (1-p_A)(1-p_B)(1-p)$	$1-(1-p)^3$	$4 = (C_{2,1})^2$
1	1	$p_A p_B (1-p_A)^2 (1-p_B)^2 (1-p)$	$1-(1-p)^0$	$4 = (C_{2,1})^2$
1	1 (1 em k=3)	$p_A p_B (1-p_A)^2 (1-p_B)^2$	$1-(1-p)^1$	$2 = C_{2,1} C_{2,0}$
1 (1 em k=3)	1	$p_A p_B (1-p_A)^2 (1-p_B)^2$	$1-(1-p)^1$	$2 = C_{2,1} C_{2,0}$
1 (1 em k=3)	1 (1 em k=3)	$p_A p_B (1-p_A)^2 (1-p_B)^2$	$1-(1-p)^1$	$1 = (C_{2,0})^2$

Diante dos eventos y_A e y_B denominados superiores internos, apresentados no Quadro 5.2 acima, podemos expressar o somatório que contém os produtos das respectivas probabilidades de

ocorrências ($p(y_A=Y_A, y_B=Y_B)$) pelas probabilidades de o encaixe ocorrer ao final do terceiro ciclo. O produto destas probabilidades resulta, para cada um dos eventos do Quadro 5.2 acima, a probabilidade de o sucesso no desenvolvimento do produto ocorrer ao final do terceiro ciclo, a partir de cada um destes eventos.

O somatório apresentado na expressão 5.10 abaixo representa a soma destas probabilidades para cada um dos eventos ditos superiores internos, apresentados no Quadro 5.2 e recebe a denominação de probabilidade de o sucesso do produto ocorrer no k -ésimo ciclo de desenvolvimento e associada aos eventos superiores internos ($PSI(k)$). Há também eventos análogos a estes, onde os valores são maiores para y_B , e que não estão no Quadro 5.2. O somatório para o cálculo da probabilidade $PSI(k)$, na expressão 5.10 abaixo já considera também estes eventos. Por outro lado, é importante notar que o contador "o" deve ser levado a valer zero, se $o=-1$, caso que ocorre sempre que $m=0$.

$$(5.10) \text{ PSI}(k) = \sum_{l=1}^{k-1} \sum_{m=0}^{l-1} \sum_{n=l-b}^l \sum_{b=m-1}^m [p_A^l p_B^m (1-p_A)^{k-l} (1-p_B)^{k-m} + p_A^m p_B^l (1-p_A)^{k-m} (1-p_B)^{k-l}] (1-p)^{no} [1-(1-p)^{lm-no}] C_{(k-1),n} C_{(k-1),o}$$

Utilizando os mesmos contadores l , m , n e o do somatório da expressão 5.10 acima, podemos obter a chamada probabilidade dos eventos internos iguais ($P_{II}(k)$) que representa a probabilidade de o sucesso no desenvolvimento do produto ocorrer ao final do k -ésimo ciclo a partir de algum evento denominado interno igual. Os eventos denominados internos iguais são aqueles apresentados no Quadro 5.3 acima.

De forma a facilitar a expressão da $P_{II}(k)$, conforme apresentada em 5.11 abaixo, separamos uma parte da probabilidade de ocorrência do evento (referente à falha no encaixe nos ciclos passados) e a colocamos junto com as respectivas probabilidades de o encaixe ocorrer ao final do ciclo atual de desenvolvimento.

A expressão, 5.11 abaixo, da probabilidade $P_{II}(k)$ deve ser calculada dentro do contexto do somatório da expressão 5.10 da probabilidade $P_{SI}(k)$ sempre que se for buscar um novo valor para o contador l . Antes de buscar o próximo l , o contador estará valendo $m=l-1$ e, então, impondo $m=l$, nestas situações, podemos calcular a expressão da probabilidade $P_{II}(k)$ quando os outros contadores valem $n=l$ e $o=l-1$.

(5.11)

$$PII(k) = p_A^l p_B^l (1 - p_A)^{k-1} (1 - p_B)^{k-1} \left\{ C_{k-1,n}^2 (1-p)^{n^2} \left[1 - (1-p)^{lm-n^2} \right] + (C_{k-1,o})^2 (1-p)^{o^2} \left[1 - (1-p)^{lm-o^2} \right] + 2C_{k-1,n} C_{k-1,o} (1-p)^{no} \left[1 - (1-p)^{lm-no} \right] \right\} m = l.$$

Todos estes eventos, os superiores externos, apresentados no Quadro 5.1, os superiores internos, apresentados no Quadro 5.2 e os denominados internos iguais, apresentados no Quadro 5.3 acima, são mutuamente excludentes e exaustivos. Em conjunto, representam todos os possíveis eventos y_A e y_B de sucessos individuais de alternativas dos componentes A e B ao final do terceiro ciclo.

Utilizamos o caso do terceiro ciclo para desenvolver as expressões das probabilidades para os conjuntos dos três tipos de eventos de o sucesso no desenvolvimento do produto ocorrer ao final do ciclo k do desenvolvimento a partir de um evento destes, conforme expressões 5.9, 5.10 e 5.11 acima. Assim, denominamos de probabilidade total de o sucesso do desenvolvimento do produto ocorrer ao final do k -ésimo ciclo como sendo a soma das três expressões acima, conforme é apresentada pela expressão 5.12 abaixo.

$$(5.12) \quad P_{TOTAL}(k) = P_{SE}(k) + P_{SI}(k) + P_{II}(k)$$

A Figura 5.6 abaixo nos apresenta a representação em árvore da decisão que a equipe de projeto tem de tomar em relação a abortar o processo de desenvolvimento ou então continuar e adentrar ao k -ésimo ciclo. São apresentados os possíveis resultados advindos ao término do k -ésimo ciclo e suas respectivas probabilidades de ocorrência.

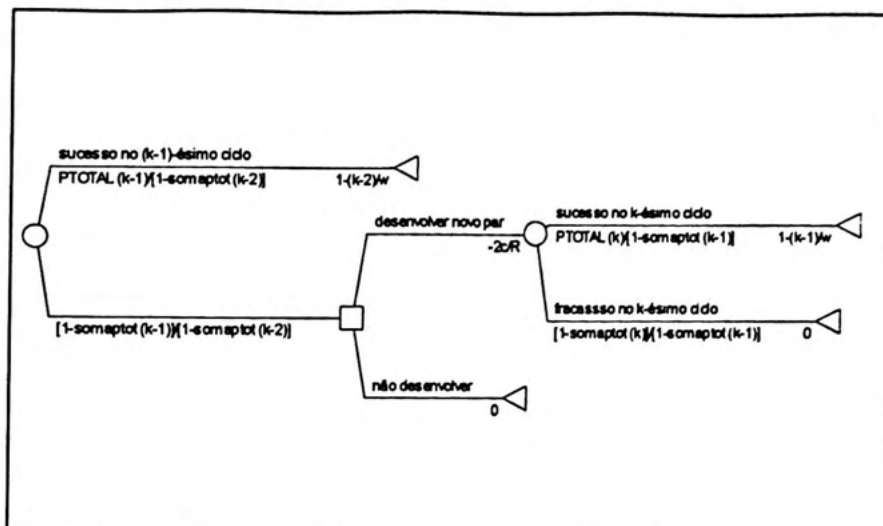


FIGURA 5.6: REPRESENTAÇÃO EM ÁRVORE DA DECISÃO DE CONTINUAR COM O DESENVOLVIMENTO E ADENTRAR AO K-ÉSIMO CICLO COM MAIS UM PAR DE ALTERNATIVAS DE PROJETOS E POSSÍVEIS RESULTADOS AO FINAL DO DESENVOLVIMENTO COM RESPECTIVAS PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA.

$Somaptot(k-1)$ é a probabilidade acumulada, isto é, é a probabilidade de o sucesso no desenvolvimento do produto ter ocorrido em algum dos $(k-1)$ primeiros ciclos de desenvolvimento e é apresentada na expressão 5.13 abaixo.

$$(5.13) \quad somaptot(k-1) = \sum_{i=1}^{k-1} PTOTAL(i)$$

A contribuição $(E_k(L_P/R))$ ao Valor Esperado do resultado econômico de se adentrar ao k -ésimo ciclo e desenvolver um novo par de alternativas é apresentado na expressão 5.14 abaixo.

$$(5.14) \quad E_k\left(\frac{L_P}{R}\right) = (1 - somaptot(k-1))\left(-2\frac{c}{R}\right) + PTOTAL(k)\left(1 - \frac{(k-1)}{w}\right)$$

A expressão 5.14 acima que nos apresenta a contribuição ao Valor Esperado dos resultados econômicos provenientes da execução do k -ésimo ciclo de desenvolvimento é muito importante para a análise de decisão de se adentrar ou não ao tal ciclo. Decorre, pois, que o processo continuará até o ciclo k^* para o qual a contribuição ($E_k(L_P/R)$) ao Valor Esperado do resultado econômico ainda for positiva. Se a contribuição do (k^*+1) -ésimo é negativa, adentrar nele acarretará uma diminuição no Valor Esperado do resultado econômico.

Este é, pois, o critério de parada. Desta forma, a política que maximiza o Valor Esperado do resultado econômico é a de conduzir o processo de desenvolvimento, se diante de sucessivos fracassos, até o k^* -ésimo ciclo, o último a apresentar contribuição positiva ao Valor Esperado do resultado econômico.

A Figura 5.7 abaixo nos uma outra forma de representação em árvore com os dois últimos ciclos ((k^*-1) e K^*) de desenvolvimento considerando os custos de desenvolvimento dentro dos tramos de forma a viabilizar o cálculo da Variância do resultado econômico e também facilitar a apresentação da expressão do Valor Esperado Máximo do resultado econômico.

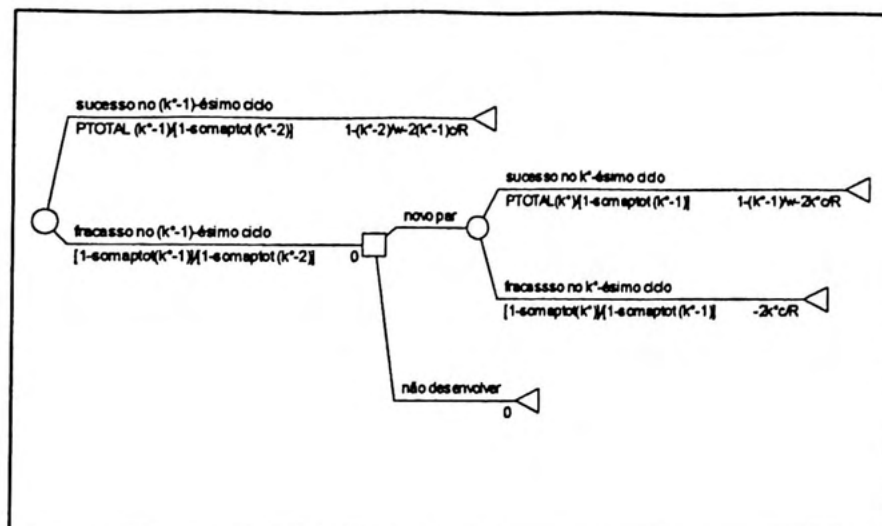


FIGURA 5.7: REPRESENTAÇÃO EM ÁRVORE DOS RESULTADOS ECONÔMICOS DOS ÚLTIMOS DOIS CICLOS ((k^*-1) e k^*) DE DESENVOLVIMENTO, RESPEITADO O CRITÉRIO DE PARADA NO k^* -ÉSIMO CICLO, E RESPECTIVAS PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA.

A visualização dos resultados econômicos apresentados na Figura 5.7 acima nos possibilita construir o Quadro 5.4 abaixo que nos apresenta as probabilidades de o sucesso no desenvolvimento, pela abordagem *Point-Based*, do produto de dois componentes ocorrer no k -ésimo ciclo além dos respectivos resultados econômicos auferidos. A distribuição é apresentada até o k^* -ésimo ciclo respeitado critério de parada que maximiza o Valor Esperado do resultado econômico.

QUADRO 5.4: RESULTADOS ECONÔMICOS ($l_p(k)/R$) PARA O K-ÉIMO CICLO DE DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM *POINT-BASED*, DE UM PRODUTO CONSISTIDO DE DOIS COMPONENTES, E RESPECTIVAS PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA, CONSIDERANDO-SE O NÚMERO k^* ÓTIMO DE CICLOS QUE MAIXIMIZA O VALOR ESPERADO DO RESULTADO ECONÔMICO.

k	$p(l_p(k)/R)$	$l_p(k)/R$ (\$)
1	$PTOTAL(1)$	$1 - 2\frac{c}{R}$
2	$PTOTAL(2)$	$(1 - \frac{1}{w}) - 4\frac{c}{R}$
3	$PTOTAL(3)$	$(1 - \frac{2}{w}) - 6\frac{c}{R}$
⋮	⋮	⋮
k^*	$PTOTAL(k^*)$	$\left[1 - \frac{(k^*-1)}{w}\right] - 2k^* \frac{c}{R}$
$>k^*$	$1 - somaptot(k^*)$	$- 2k^* \frac{c}{R}$

A expressão 5.15 abaixo nos apresenta o cálculo do Valor Esperado Máximo, obtido considerando o desenvolvimento até o k^* -ésimo ciclo.

(5.15)

$$E^* \left(\frac{L_P}{R} \right) = \sum_{k=1}^{k^*} PTOTAL(k) \left[1 - \frac{(k-1)}{w} - 2k \frac{c}{R} \right] - 2k^* \frac{c}{R} (1 - somaptot(k^*))$$

A expressão 5.16 abaixo nos apresenta o cálculo da Variância ($V^*(L_P/R)$) do resultado econômico relativa à estratégia de máximo Valor Esperado do resultado econômico.

(5.16)

$$V^* \left(\frac{L_p}{R} \right) = \sum_{k=1}^{k^*} PTOTAL(k) \left[1 - \frac{(k-1)}{w} - 2k \frac{c}{R} \right]^2 + \left(-2k^* \frac{c}{R} \right)^2 (1 - somaptot(k^*)) - \left[E^* \left(\frac{L_p}{R} \right) \right]^2$$

A expressão 5.17 nos apresenta o cálculo do número médio de ciclos até a ocorrência do sucesso, ou simplesmente o Time-to-Market (TTM*) que representa, grosso modo, o tempo médio de desenvolvimento até o lançamento do produto.

$$(5.17) \quad E^*(k) = TTM^* = \frac{\sum_{k=1}^{k^*} kp(k)}{somaptot(k^*)}$$

onde:

- $p(k)$ é a probabilidade de o primeiro sucesso ocorrer no k-ésimo ciclo e sabemos, é claro, que $p(k) = PTOTAL(k)$, $\forall k \perp k \leq k^*$.

A expressão 5.18 abaixo nos apresenta o risco (Risco(k*)) de ter que terminar o processo de desenvolvimento depois de k* ciclos, pelo critério de parada, sem que se tenha encontrado o sucesso.

(5.18)

$$RISCO(k^*) = 1 - somaptot(k^*) = 1 - \sum_{k=1}^{k^*} PTOTAL(k)$$

Contudo, a operacionalização da obtenção do Valor Esperado Máximo apresentado na expressão 5.15 acima é feita através de uma busca de ciclo por ciclo já que, de antemão, não se conhece o ciclo k^* que o maximiza. A rotina "Point2", apresentada no Anexo B do trabalho, foi desenvolvida em MATLAB versão 4.2 com este objetivo. A busca é baseada na soma das contribuições, dos resultados econômicos provenientes de um novo ciclo de desenvolvimento, ao Valor Esperado.

Conforme vai se adentrando a novos ciclos de desenvolvimento, o Valor Esperado vai crescendo e o processo continua até que se encontre um ciclo (k^*+1) cujo incremento ao Valor Esperado seja negativo fazendo-o diminuir. Desta forma, encontra-se a estratégia de desenvolvimento que maximiza o Valor Esperado: o de prosseguir até no máximo ao k^* -ésimo ciclo. A Variância ($V^*(L_P/R)$), o *Time-to-Market* (TTM*) e o Risco(k^*) são também calculados pelo "Point2", todos relacionados à estratégia do Valor Esperado Máximo.

As figuras 5.8, 5.9 e 5.10 abaixo nos apresentam, respectivamente para projetos de relações $c/R=0,001$, $0,01$ e $0,05$, o Valor Esperado Máximo ($E^*(L_P/R)$) do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem *Point-Based*, de um produto constituído de dois componentes, parametrizadas a extensão da janela de oportunidades em $w=5$ e $w=50$ e probabilidades de sucesso individuais das alternativas em $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$ e $p_A=10\%;p_B=80\%$.

As Tabelas A25, A26 e A27 no Anexo A do trabalho, nos apresentam os resultados para os Valores Esperados do resultado econômico do desenvolvimento, pelo *Point-Based*, de um produto constituído de dois componentes.

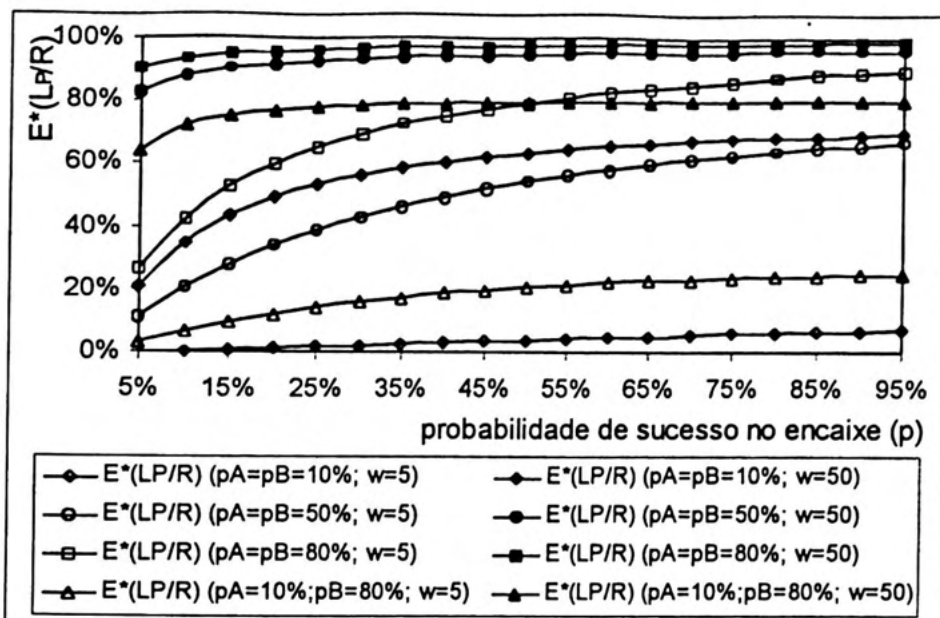


FIGURA 5.8 VALOR ESPERADO DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM *POINT-BASED*, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO DE DOIS COMPONENTES, PARA AS PROBABILIDADES INDIVIDUAIS DE SUCESSO ($p_A=p_B=10\%$; $p_A=p_B=50\%$; $p_A=p_B=80\%$; $p_A=10\%$ E $p_B=80\%$) E EXTENSÕES DA JANELA DE OPORTUNIDADES ($w=5$ E $w=50$) E RELAÇÃO $c/R=0,001$.

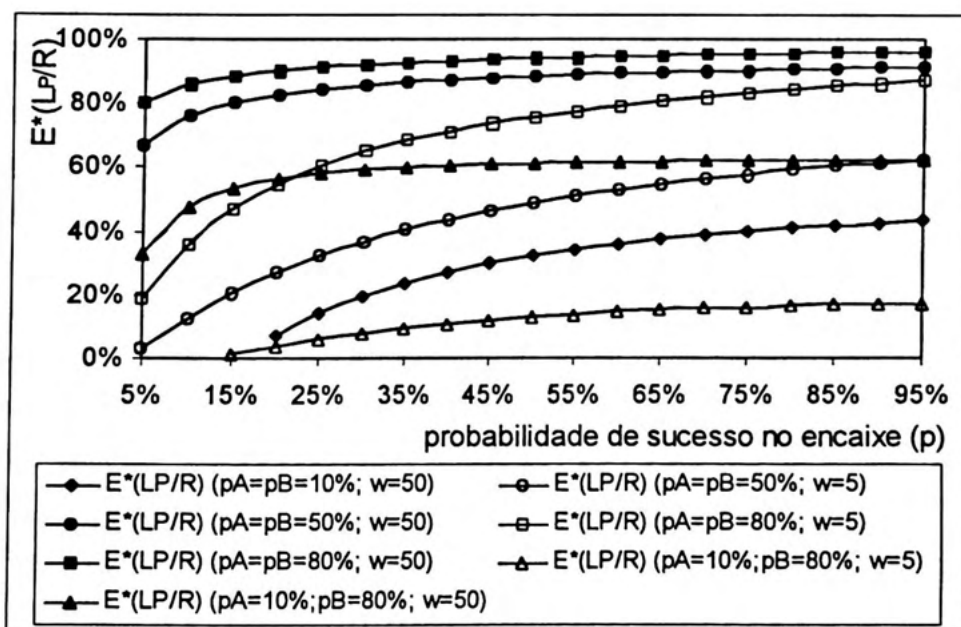


FIGURA 5.9 VALOR ESPERADO DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM *POINT-BASED*, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO DE DOIS COMPONENTES, PARA AS PROBABILIDADES INDIVIDUAIS DE SUCESSO ($p_A=p_B=10\%$; $p_A=p_B=50\%$; $p_A=p_B=80\%$; $p_A=10\%$ E $p_B=80\%$) E EXTENSÕES DA JANELA DE OPORTUNIDADES ($w=5$ E $w=50$) E RELAÇÃO $c/R=0,01$.

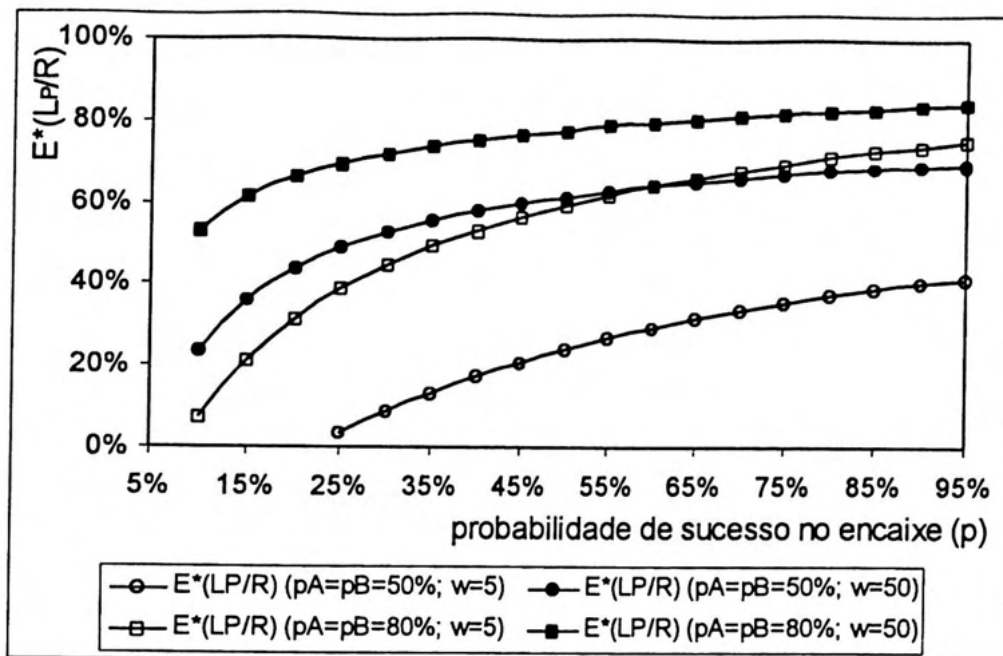


FIGURA 5.10 VALOR ESPERADO DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM POINT-BASED, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO DE DOIS COMPONENTES PARA A RELAÇÃO $c/R=0,05$, PARAMETRIZADAS AS PROBABILIDADES INDIVIDUAIS DE SUCESSO ($p_A=p_B=10\%$; $p_A=p_B=50\%$; $p_A=p_B=80\%$; $p_A=10\%$ E $p_B=80\%$) E EXTENSÕES DA JANELA DE OPORTUNIDADES ($w=5$ E $w=50$).

Os resultados para o Valor Esperado Máximo ($E^*(L_P/R)$) do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem *Point-Based*, de um produto constituído de dois componentes são muito similares àqueles para o caso de o produto ser constituído de componente único, apresentado do Valor Esperado Máximo do resultado econômico.

As Figuras 5.8, 5.9 e 5.10 acima nos mostram que o Valor Esperado Máximo é uma função crescente com a probabilidade de sucesso no encaixe (p) entre duas alternativas, com a extensão (w) da janela de oportunidades, com as probabilidades individuais (p_A e p_B) de sucesso e com a diminuição da relação c/R . Analisemos, pois, os efeitos de cada um destes elementos sobre o Valor Esperado Máximo.

O Valor Esperado Máximo sofre uma maior influência da probabilidade de sucesso no encaixe (p) entre duas alternativas diante de extensões pequenas de janelas de oportunidades. Para janelas maiores a influência da probabilidade de sucesso no encaixe (p) entre duas alternativas sobre o Valor Esperado Máximo fica quase que restrita a níveis mais baixos da probabilidade p . Como era de se esperar, projetos com maiores probabilidades de sucesso no encaixe (p) entre duas alternativas apresentam Valores Esperados relativamente maiores principalmente diante de janelas de oportunidades com pequenas extensões (w), qualquer que seja a relação c/R e as probabilidades de sucesso individuais das alternativas parametrizadas em nosso modelo, conforme observamos nas Figuras 5.8, 5.9 e 5.10 acima.

Um resultado interessante é aquele referente a projetos de desenvolvimento de produtos cujos componentes apresentam alternativas com probabilidades de sucesso individuais muito diferentes, como o caso utilizado em nosso modelo onde $p_A=10\%$ e $p_B=80\%$. Trata-se de um projeto de desenvolvimento de um novo produto onde a equipe, apesar de apresentar bom domínio sobre o funcionamento e desempenho de um dos componentes, não teria grande conhecimento sobre o desempenho e funcionamento do outro. Nestes casos, o Valor Esperado do resultado econômico apresenta níveis menores que outros projetos onde haja incertezas médias sobre os sucessos individuais dos de ambos os componentes, como o caso $p_A=p_B=50\%$ utilizado em nosso modelo, qualquer que seja a extensão (w) da janela de oportunidade e relação c/R , conforme podemos observar pelas Figuras 5.8 e 5.9 acima.

Projetos de relações mais altas de c/R apresentam, no geral, Valores Esperados menores, como observamos pela Figura 5.10 acima.

Também observamos, pela Figura 5.10, que não há Valor Esperado positivo para o resultado econômico para projetos cujas relações c/R forem altas e onde pelo menos um dos componentes apresentem alternativas de baixas probabilidades de sucesso individuais como são os casos $p_A=10\%; p_B=80\%$ e $p_A=p_B=10\%$.

Um outro resultado interessante que pode ser visualizado pela observação das três Figuras 5.8, 5.9 e 5.10 acima é o de que em projetos de relações c/R mais altas a influência das probabilidades de sucesso individuais das alternativas (p_A e p_B) ficam maiores se comparadas à influência da extensão (w) da janela de oportunidades, dada uma probabilidade de sucesso no encaixe (p) de duas alternativas. Em outras palavras, em projetos mais caros as probabilidades individuais (p_A e p_B) de sucesso desempenham um papel mais importante, para a elevação do Valor Esperado Máximo, do que a extensão (w) da janela de oportunidades, já que o efeito de uma extensão maior da janela fica limitado, ou melhor, não é usufruído devido ao fato de o critério de parada terminar o processo de desenvolvimento relativamente cedo.

As Figuras 5.11, 5.12 e 5.13 abaixo nos apresentam o risco ($Risco(k^*)$) de o processo de desenvolvimento ter de terminar no k^* -ésimo ciclo, pelo critério de maximização do Valor Esperado, sem que se tenha obtido o sucesso, respectivamente, para as relações $c/R=0,001$, $0,01$ e $0,05$. As Tabelas A28, A29 e A30, no Anexo A do trabalho, apresentam estes resultados.

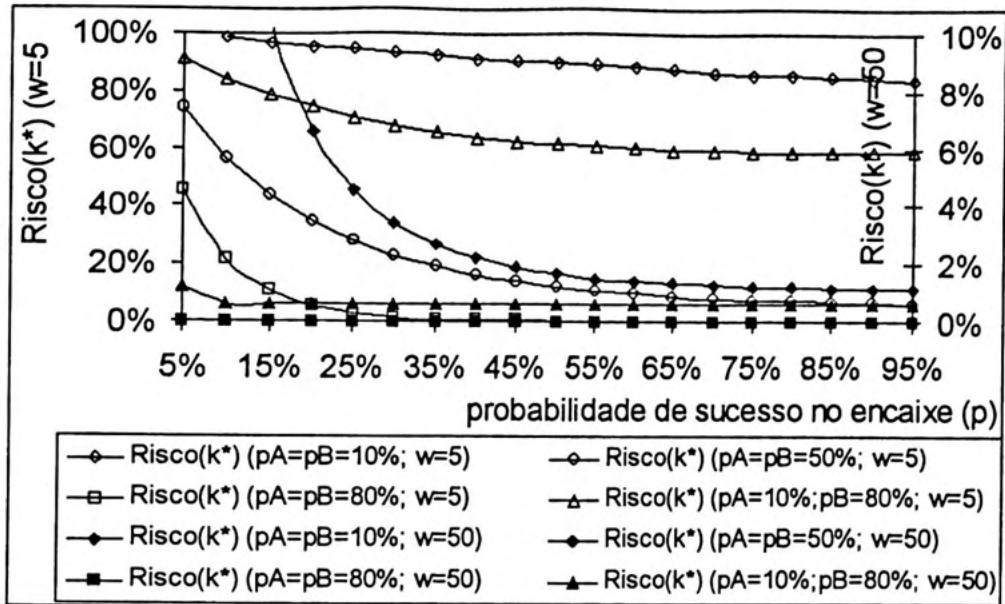


FIGURA 5.11 RISCO(k^*) DE O PROCESSO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM *POINT-BASED*, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO DE DOIS COMPONENTES TERMINAR SEM TER OBTIDO O SUCESSO, PARA A RELAÇÃO $c/R=0,001$, PARAMETRIZADAS AS PROBABILIDADES INDIVIDUAIS DE SUCESSO ($p_A=p_B=10\%$; $p_A=p_B=50\%$; $p_A=p_B=80\%$; $p_A=10\%$ E $p_B=80\%$) E EXTENSÕES DA JANELA DE OPORTUNIDADES ($w=5$ E $w=50$).

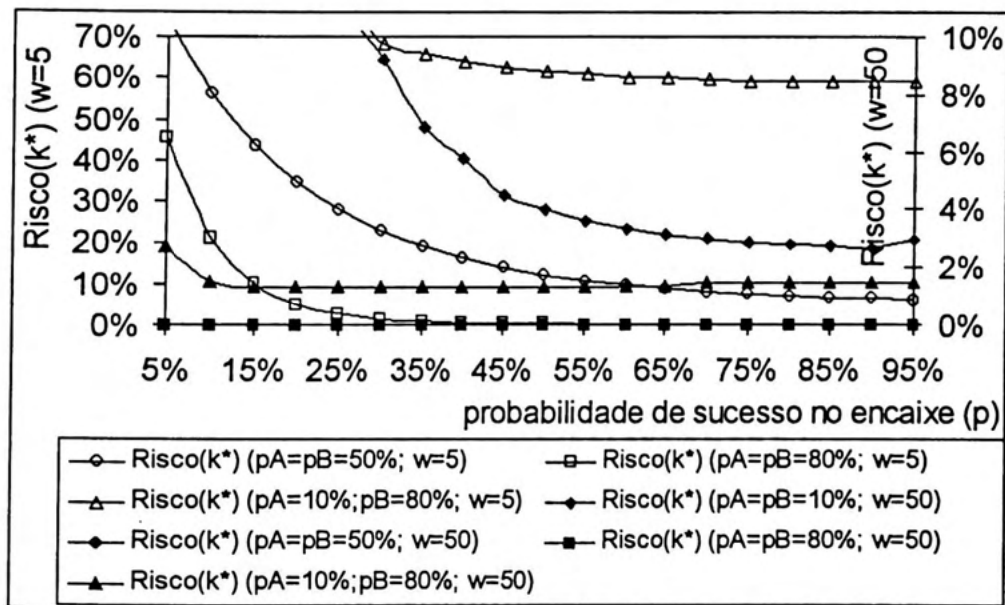


FIGURA 5.12 RISCO(k^*) DE O PROCESSO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM *POINT-BASED*, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO DE DOIS COMPONENTES TERMINAR SEM TER OBTIDO O SUCESSO, PARA A RELAÇÃO $c/R=0,01$, PARAMETRIZADAS AS PROBABILIDADES INDIVIDUAIS DE SUCESSO ($p_A=p_B=10\%$; $p_A=p_B=50\%$; $p_A=p_B=80\%$; $p_A=10\%$ E $p_B=80\%$) E EXTENSÕES DA JANELA DE OPORTUNIDADES ($w=5$ E $w=50$).

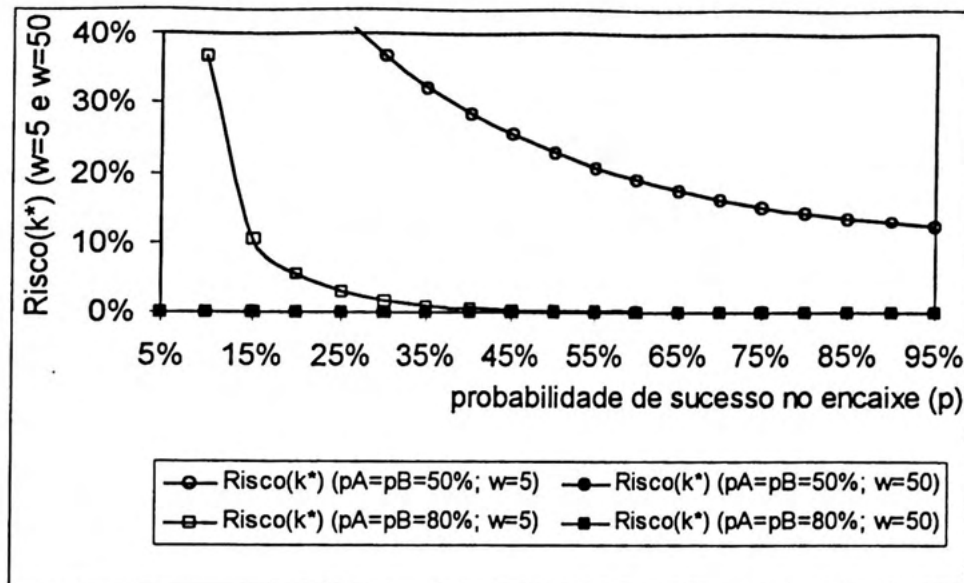


FIGURA 5.13 RISCO(k^*) DE O PROCESSO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM *POINT-BASED*, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO DE DOIS COMPONENTES TERMINAR SEM TER OBTIDO O SUCESSO, PARA A RELAÇÃO $c/R=0,05$, PARAMETRIZADAS AS PROBABILIDADES INDIVIDUAIS DE SUCESSO ($p_A=p_B=10\%$; $p_A=p_B=50\%$; $p_A=p_B=80\%$; $p_A=10\%$ E $p_B=80\%$) E EXTENSÕES DA JANELA DE OPORTUNIDADES ($w=5$ E $w=50$).

Os riscos (Risco(k^*)) de se terminar o processo de desenvolvimento no k -ésimo ciclo, sem que se tenha obtido o sucesso, devido ao critério de maximização do Valor Esperado, são naturalmente maiores para projetos que se defrontam com janelas de oportunidades menores e são tanto maiores também quanto menores forem as probabilidades de sucesso individuais (p_A e p_B) das alternativas de projeto, como podemos observar pelas Figuras 5.11, 5.12 e 5.13 acima.

Projetos que se defrontam com janelas de oportunidades maiores apresentam riscos (Risco(k^*)) menores e eles serão tanto menores quanto menores forem as relações c/R e maiores as probabilidades de sucesso individuais das alternativas (p_A e p_B), devido ao fato de o processo poder

avançar por mais ciclos, já que, para estas condições, o critério de maximização do Valor Esperado aponta um k^* (ciclo que maximiza o Valor Esperado) maior.

Na sequência, as Figuras 5.14, 5.15 e 5.16 abaixo nos apresentam o Desvio-Padrão ($DP^*(LP/R)$) do resultado econômico para a estratégia de Valor Esperado Máximo, respectivamente, para as relações $c/R=0,001$, $0,01$ e $0,05$. As Tabelas A31, A32 e A33, no Anexo A do trabalho, apresentam estes resultados.

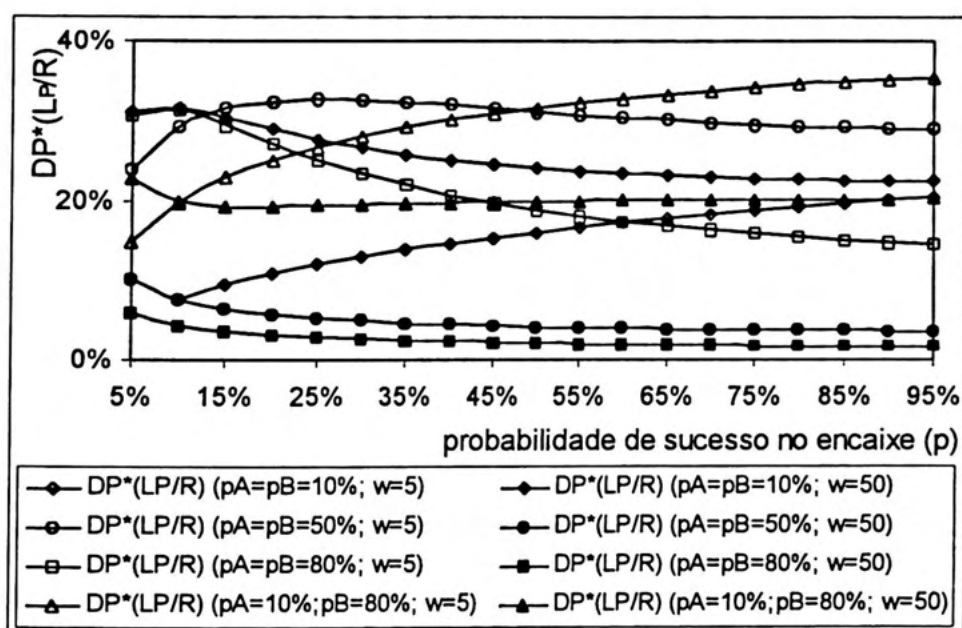


FIGURA 5.14 DESVIO-PADRÃO DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM *POINT-BASED*, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO DE DOIS COMPONENTES PARA A RELAÇÃO $c/R=0,001$, PARAMETRIZADAS AS PROBABILIDADES INDIVIDUAIS DE SUCESSO ($p_A=p_B=10\%$; $p_A=p_B=50\%$; $p_A=p_B=80\%$; $p_A=10\%$ E $p_B=80\%$) E EXTENSÕES DA JANELA DE OPORTUNIDADES ($w=5$ E $w=50$).

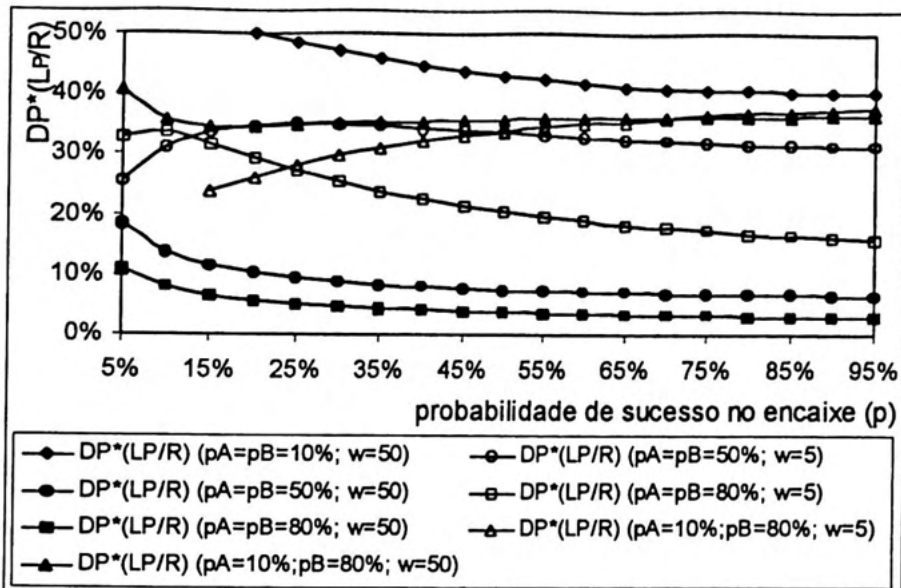


FIGURA 5.15 DESVIO-PADRÃO DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM *POINT-BASED*, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO DE DOIS COMPONENTES PARA A RELAÇÃO $c/R=0,01$, PARAMETRIZADAS AS PROBABILIDADES INDIVIDUAIS DE SUCESSO ($p_A=p_B=10\%$; $p_A=p_B=50\%$; $p_A=p_B=80\%$; $p_A=10\%$ E $p_B=80\%$) E EXTENSÕES DA JANELA DE OPORTUNIDADES ($w=5$ E $w=50$).

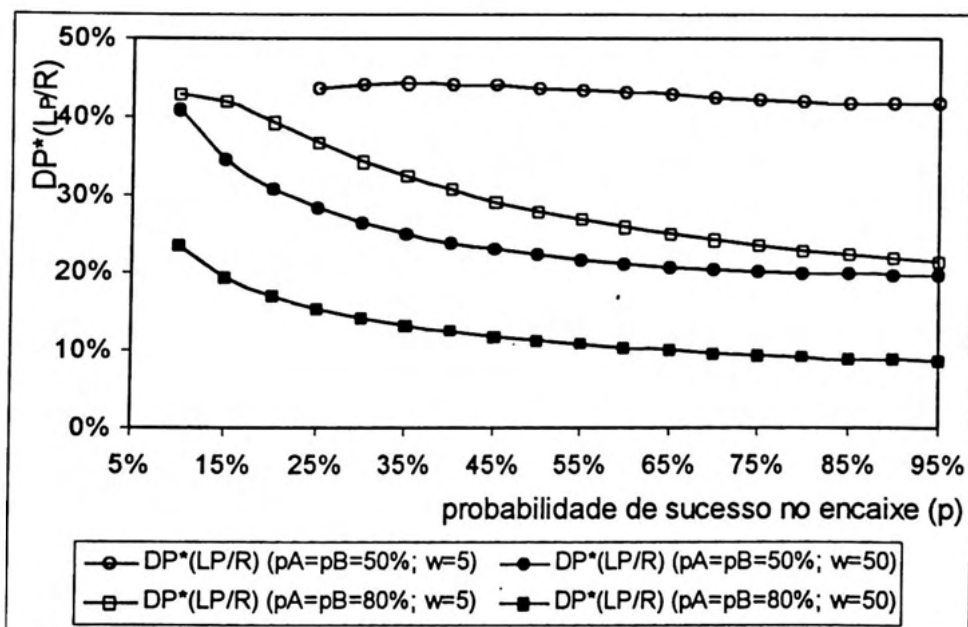


FIGURA 5.16 DESVIO-PADRÃO DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM *POINT-BASED*, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO DE DOIS COMPONENTES PARA A RELAÇÃO $c/R=0,05$, PARAMETRIZADAS AS PROBABILIDADES INDIVIDUAIS DE SUCESSO ($p_A=p_B=10\%$; $p_A=p_B=50\%$; $p_A=p_B=80\%$; $p_A=10\%$ E $p_B=80\%$) E EXTENSÕES DA JANELA DE OPORTUNIDADES ($w=5$ E $w=50$).

Examinando as três Figuras 5.14, 5.15 e 5.16 acima, podemos notar que projetos com alternativas, de ambos componentes, que apresentam altas probabilidades individuais de sucesso (como no caso de $p_A=p_B=80\%$) têm Desvios-Padrão pequenos, ainda mais se a extensão (w) da janela de oportunidades for grande. No outro extremo, a relação com a extensão da janela de oportunidades é contrária, isto é, projetos com alternativas de probabilidades de sucesso individuais muito pequenas (como no caso de $p_A=p_B=10\%$) apresentam incertezas (Desvios-Padrão) menores, perante janelas de oportunidades de extensões menores, conforme observamos pela Figura 5.14 acima. A incerteza é menor, já que, nestes casos, há uma grande probabilidade (Risco(k^*)) de o projeto terminar sem conseguir o sucesso. Tal resultado é observado somente no caso de $c/R=0,001$, já que para relações maiores não há Valor Esperado positivo para o caso $p_A=p_B=10\%$.

O efeito de uma relação maior de c/R do projeto é o de aumentar o valor do Desvio-Padrão do resultado econômico, e ele é tanto maior quanto maior for a extensão (w) da janela de oportunidade, como podemos observar pela Figura 5.16 acima. Isto decorre do fato de os resultados econômicos possíveis de serem auferidos ao longo dos ciclos apresentarem-se bastante diferentes (em comparação com projetos de relações c/R menores) nos casos em que as janelas de oportunidades apresentam maiores extensões. Apesar do efeito no crescimento da incerteza do resultado econômico de projetos que se defrontam com janelas maiores ser relevante, ele não é suficiente, pelo menos para a relação de $c/R=0,05$ e para os casos $p_A=p_B=80\%$ e $p_A=p_B=50\%$ como podemos observar pela Figura 5.16 acima, para que a incerteza fique maior que aquela de projetos com janelas menores.

5.4 FRONTEIRA DE SEPARAÇÃO DAS REGIÕES DE MAIORES VALORES ESPERADOS DOS RESULTADOS ECONÔMICOS DO DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO DE DOIS COMPONENTES QUANDO GERIDO POR CADA UMA DAS ABORDAGENS *POINT-BASED* OU *SET-BASED*.

Para encontrarmos a fronteira de separação entre as duas abordagens, devemos buscar as extensões (w^*) da janela de oportunidades que igualam os Valores Esperados Máximos do resultado econômico do desenvolvimento, pelas abordagens *Point-Based* e *Set-Based*, de um produto constituído por dois componentes. A busca (por w^*) é feita para cada nível da probabilidade de sucesso no encaixe (p) de duas alternativas, mantidas fixadas a relação c/R , e as probabilidades de sucesso individuais (p_A e p_B).

A rotina "Fronteir", apresentada no Anexo B do trabalho, foi desenvolvida em MATLAB versão 4.2 com o objetivo de se obter a fronteira, isto é, os valores (w^*) de extensão da janela de oportunidades que igualam os Valores Esperados do resultado econômico do desenvolvimento de um produto constituído de dois componentes, quando gerido pelas abordagens *Point-Based* e *Set-Based*. Os resultados são apresentados nas Figuras 5.17, 5.18, 5.19 e 5.20 abaixo, respectivamente para as relações $c/R=0,001$, $0,005$, $0,01$ e $0,05$. As Tabelas A34, A35, A36 e A37, no Anexo A do trabalho, apresentam os resultados.

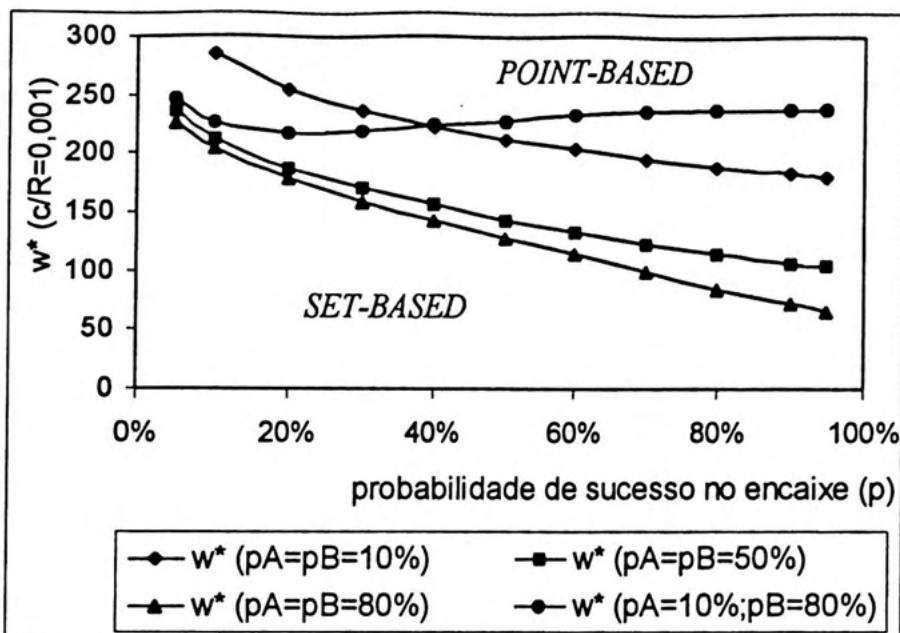


FIGURA 5.17: FRONTEIRAS (w^*) DE SEPARAÇÃO DAS REGIÕES ONDE CADA UM DAS ABORDAGENS SUPERA A OUTRA EM TERMOS DE VALOR ESPERADO MÁXIMO DO RESULTADO ECONÔMICO NO DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES, PARA A RELAÇÃO $c/R=0,001$, PARAMETRIZADAS AS PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS DAS ALTERNATIVAS.

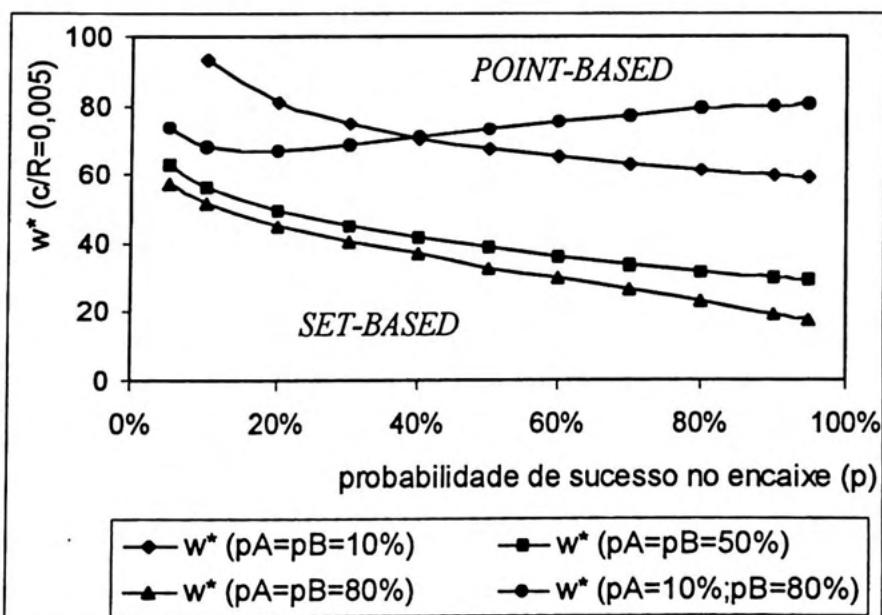


FIGURA 5.18: FRONTEIRAS (w^*) DE SEPARAÇÃO DAS REGIÕES ONDE CADA UM DAS ABORDAGENS SUPERA A OUTRA EM TERMOS DE VALOR ESPERADO MÁXIMO DO RESULTADO ECONÔMICO NO DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES, PARA A RELAÇÃO $c/R=0,005$, PARAMETRIZADAS AS PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS DAS ALTERNATIVAS.

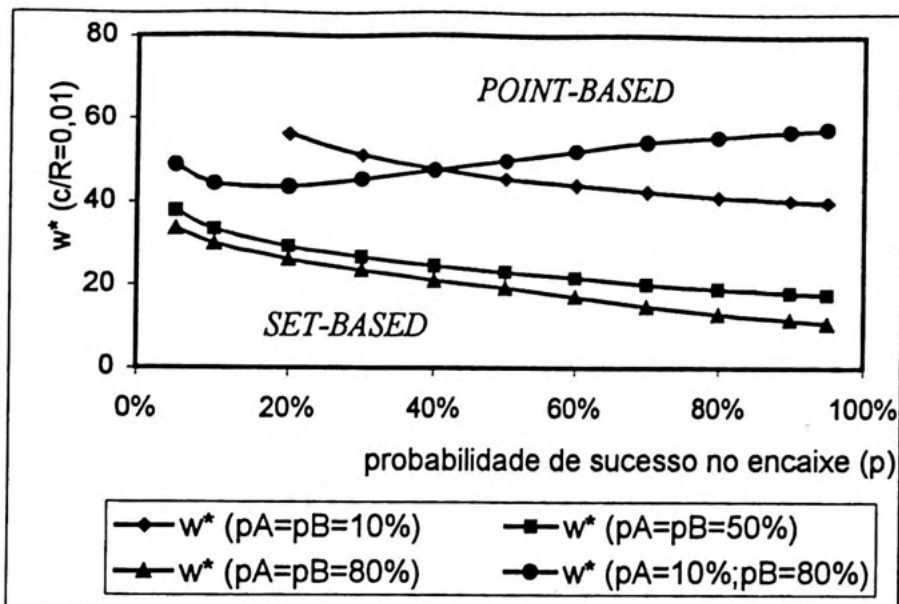


FIGURA 5.19: FRONTEIRAS (w^*) DE SEPARAÇÃO DAS REGIÕES ONDE CADA UM DAS ABORDAGENS SUPERA A OUTRA EM TERMOS DE VALOR ESPERADO MÁXIMO DO RESULTADO ECONÔMICO NO DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES, PARA A RELAÇÃO $c/R=0,01$, PARAMETRIZADAS AS PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS DAS ALTERNATIVAS.

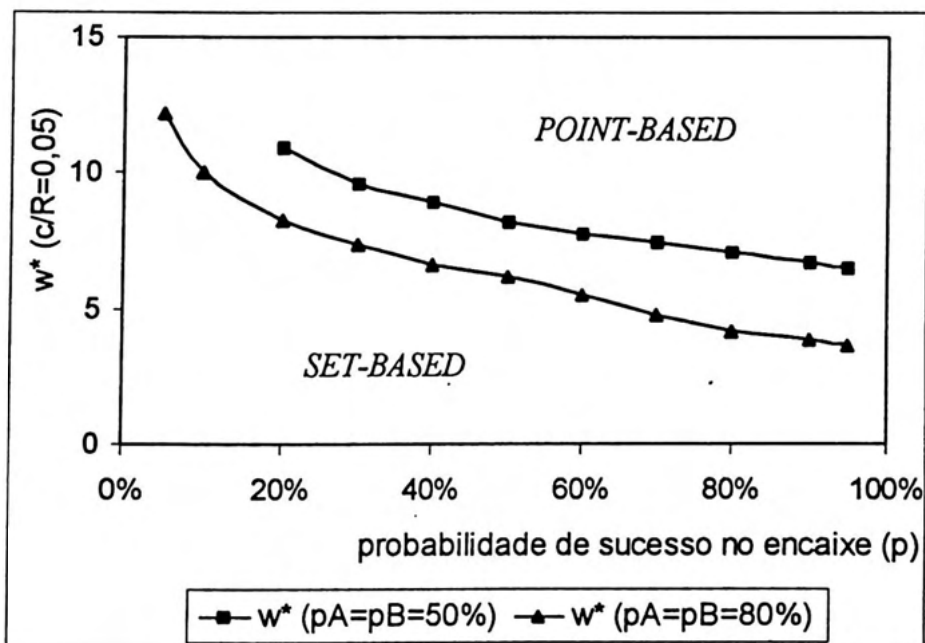


FIGURA 5.20: FRONTEIRAS (w^*) DE SEPARAÇÃO DAS REGIÕES ONDE CADA UM DAS ABORDAGENS SUPERA A OUTRA EM TERMOS DE VALOR ESPERADO MÁXIMO DO RESULTADO ECONÔMICO NO DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES, PARA A RELAÇÃO $c/R=0,05$, PARAMETRIZADAS AS PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS DAS ALTERNATIVAS.

Notamos que as fronteiras, para o caso de produto com dois componentes, nas Figuras 5.17, 5.18, 5.19 e 5.20 acima, apresentam o mesmo comportamento padrão daquelas do caso de produto de componente único, apresentado no capítulo 4.

Um resultado interessante é o fato de as curvas da fronteira para projetos com alternativas de probabilidades de sucesso individuais (p_A e p_B) menores são mais altas, isto é, apresentam, para um dado nível de probabilidade de sucesso no encaixe (p), valores superiores para a extensão (w^*) da janela de oportunidades. Este é um resultado bastante interessante no sentido de que mostra ser mais viável a gestão pela abordagem *Set-Based* de projetos de desenvolvimento de produtos com dois componentes cujas alternativas apresentem pequenas probabilidades de sucesso individuais (p_A e p_B) ainda mais se a probabilidade de sucesso no encaixe (p) de duas alternativas também for relativamente pequena.

Este resultado parece valer para quaisquer relações c/R , conforme observamos nas quatro Figuras acima, com a restrição de que conforme a relação c/R aumenta, projetos com alternativas de probabilidade de sucesso individuais mais baixas têm seus desenvolvimentos inviabilizados tanto por uma quanto pela outra abordagem. Este é o caso, por exemplo, dos projetos com $p_A=p_B=10\%$ que não apresentam Valor Esperado positivo para o resultado econômico quando geridos por qualquer uma das duas abordagens *Set-Based* e *Point-Based*, se apresentarem relação $c/R=0,05$, como na Figura 5.20 acima.

Um outro resultado interessante, que observamos também nas Figuras 5.17, 5.18, 5.19 e 5.20 acima, é o de que o comportamento da fronteira para projetos com alternativas, de componentes diferentes, que apresentam probabilidades de sucesso individuais bastante diferentes (como no caso $p_A=10\%$ e $p_B=80\%$) não é o padrão. A curva sobe, ainda que pouco, ao invés de cair, com o acréscimo da probabilidade de sucesso no encaixe (p). Isto demonstra ser o Set-Based, para estes casos, a abordagem que apresenta, grosso modo, maiores Valores Esperados Máximos qualquer que seja o nível da probabilidade de sucesso no encaixe (p) das alternativas de um projeto qualquer, contanto que a janela de oportunidades que defronte não seja, é claro, exagerada.

O comportamento das curvas de fronteira para projetos com alternativas, de componentes diferentes, que apresentam probabilidades de sucesso individuais bastante diferentes, como é o caso $p_A=10\%$ e $p_B=80\%$, pode ser compreendido pela comparação dos efeitos de um acréscimo na probabilidade de sucesso no encaixe (p) sobre os Valores Esperados Máximos do resultado econômico de cada uma das abordagens.

Notamos, pela observação das Figuras 5.8, 5.9 e 5.10 na seção 5.3.2, que as curvas do Valor Esperado, para projetos com $p_A=10\%$ e $p_B=80\%$ geridos pelo *Point-Based*, apresentam comportamento quase que constante em relação à probabilidade de sucesso no encaixe (p). Sendo assim, a única forma de um projeto, com estas características, conseguir um aumento no seu Valor Esperado Máximo, quando gerido pelo *Point-Based*, de forma a acompanhar o incremento no Valor Esperado Máximo pelo *Set-Based*, provocado por um acréscimo no nível da probabilidade de

sucesso no encaixe (p), é através de um aumento na extensão (w^*) da janela de oportunidades que defronta.

Se considerarmos a extensão 50 ($w=50$) da janela de oportunidades como uma das maiores que encontramos em ciclos de desenvolvimento e vendas de produtos, como encontrado no conjunto de produtos apresentado na Tabela 4.2 do capítulo anterior, concluiremos que projetos de desenvolvimento de produtos com relações c/R bastante pequenas como no caso da Figura 5.17 ($c/R=0,001$), só são viáveis se geridos pela abordagem *Set-Based*, quaisquer que sejam os níveis das probabilidades de sucesso individuais (p_A e p_B) e da probabilidade (p_E) de encaixe das alternativas.

A abordagem *Point-Based* só começa a disputar terreno, digamos assim, em projetos de relações de c/R maiores, mesmo assim, somente se as alternativas de projeto apresentarem probabilidades de sucesso individuais razoáveis em conjunto também com altas probabilidades de sucesso no encaixe (p), como observamos pela Figuras 5.18 ($c/R=0,005$) e 5.19 ($c/R=0,01$).

Assim, considerando-se $w=50$ como um dos maiores valores para a extensão de janelas de oportunidades para os ciclos de desenvolvimento e vendas de produtos, o *Set-Based* desponta como a abordagem mais econômica para projetos, considerados de difícil êxito, onde pelo menos um dos componentes presente alternativas, para serem desenvolvidas, com probabilidade de sucesso individual bastante baixa, como podemos constatar para os casos $p_A=p_B=10\%$ e $p_A=10\%$; $p_B=80\%$ nas Figuras 5.17, 5.18 e 5.19 acima.

Estes resultados comprovam a inferência que SOBEK (p. 238) faz de que o *Set-Based* é a estratégia mais apropriado a projetos de desenvolvimento mais complexos.

“Point-Based systems seem more amenable to relatively simple systems, systems with few constraints and whose subsystems are loosely coupled. In other words, with few constraints most any design will work, so why invest in exploration of many alternatives in parallel when any of them will work equally well? Team members can optimize subsystems relatively independently, because loosely coupled systems are easily integrated and optimizing a subsystem optimizes the systems as well.

Set-Based systems seem better suited to tightly coupled, complex systems. Complex systems have large numbers of variables that highly constrain the system and make interactions hard to predict. It is humanly impossible in even moderately complex system to anticipate all the interactions from the very start. Thus pursuing multiple paths until the team understands the interactions can save a lot of headache (not to mention time and money) chasing designs that will never work or making last-minute changes. The Set-Based principles also facilitates system integration and global optimization, so the benefits will be much more pronounced in tightly coupled systems.”

As Figuras 5.21 e 5.22 abaixo nos apresentam os riscos, respectivamente para as relações c/R de 0,001 e 0,01, de o processo de desenvolvimento terminar, sem a obtenção do sucesso, pelo critério de maximização do Valor Esperado, quando gerido pelo *Point-Based* (Risco(k^*)) e pelo *Set-Based* (Risco *). Estes riscos são calculados sob as condições das fronteiras. As Tabelas A38, A39, A40 e A41, no Anexo A do trabalho, apresentam estes resultados, respectivamente, para as relações c/R 0,001, 0,005, 0,01 e 0,005.

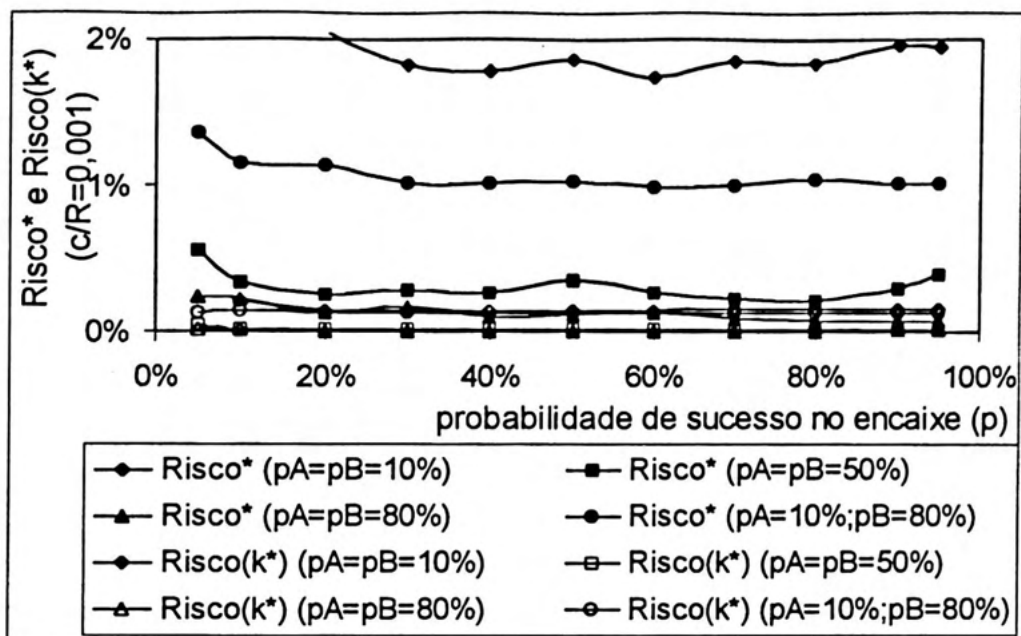


FIGURA 5.21: RISCOS DE O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO TERMINAR, PELO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO, SEM TER OBTIDO O SUCESSO NO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS SET-BASED (Risco*) E POINT-BASED (Risco(k^*)), DE UM PRODUTO COM DOIS COMPONENTES, PARA A RELAÇÃO $c/R=0,001$.

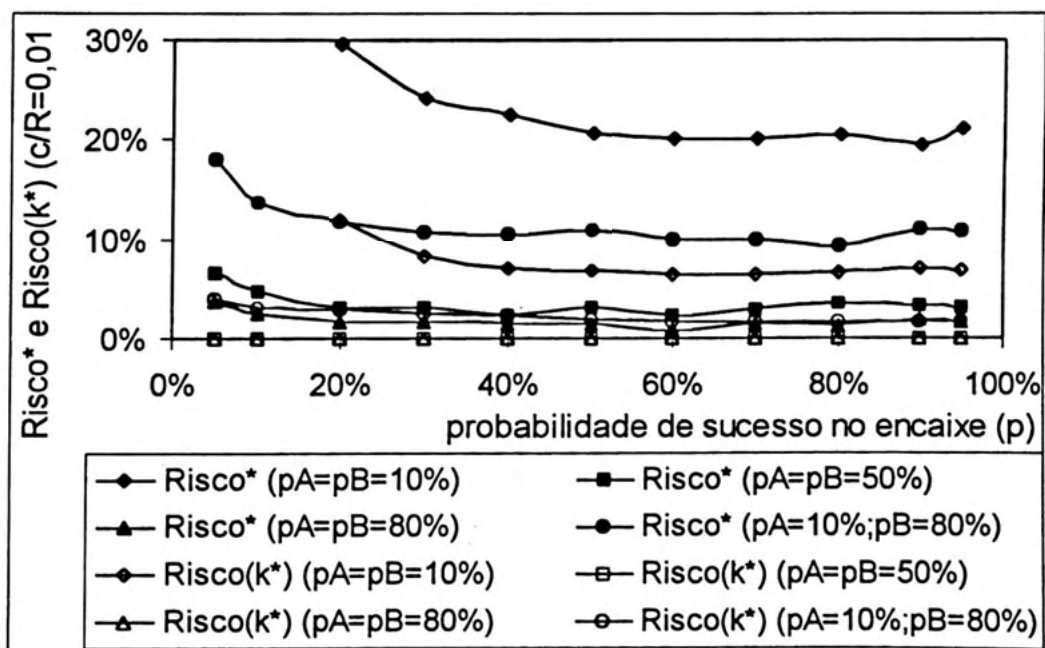


FIGURA 5.22: RISCOS DE O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO TERMINAR, PELO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO, SEM TER OBTIDO O SUCESSO NO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS SET-BASED (Risco*) E POINT-BASED (Risco(k^*)), DE UM PRODUTO COM DOIS COMPONENTES, PARA A RELAÇÃO $c/R=0,01$.

Os riscos de se terminar o processo de desenvolvimento sem ter se conseguido o sucesso são, no geral, maiores para a abordagem *Set-Based* e, são tanto maiores quanto maiores as relações c/R e menores as probabilidades de sucesso individuais das alternativas do projeto, como podemos observar pelas Figuras 5.21 e 5.22 acima. Contudo, os resultados obtidos na seção 5.3.2 acima, sobretudo com as Figuras 5.11, 5.12 e 5.13, nos sugerem que abaixo da fronteira, na região onde o *Set-Based* supera o *Point-Based*, o aumento do risco do *Point-Based* pode levá-lo a apresentar um nível até maior que o do *Set-Based*, já que os níveis de extensão (w) das janelas de oportunidades são menores. As Figuras 5.23 e 5.24 abaixo, nos apresentam, respectivamente para as relações $c/R=0,001$ e $0,01$, os gráficos dos Desvios-Padrão do resultado econômico para as abordagens *Point-Based* ($DP^*(L_P/R)$) e *Set-Based* ($DP^*(L_S/R)$) sob as condições das fronteiras. Os resultados são apresentados nas Tabelas A42 e A44 do Anexo A do trabalho.”

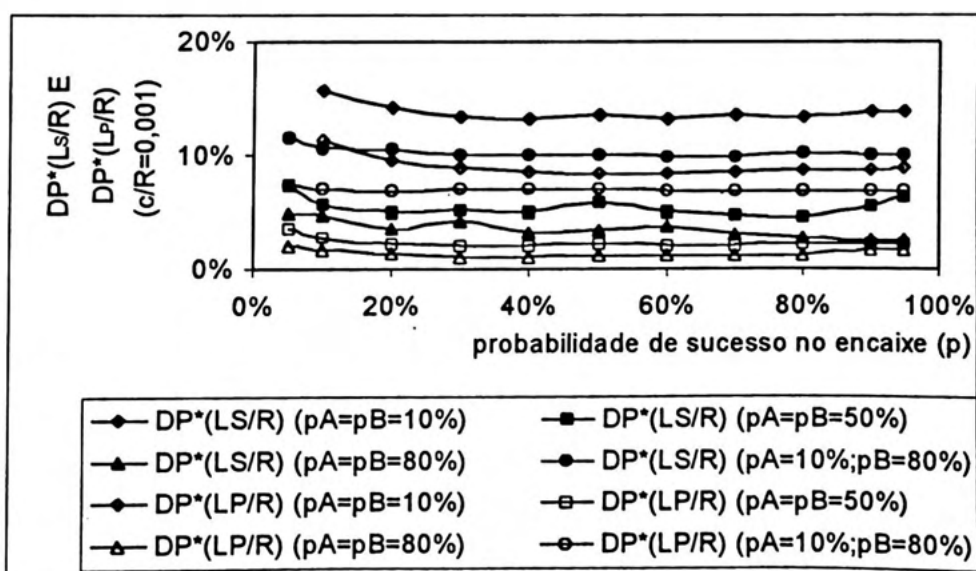


FIGURA 5.23: DESVIOS-PADRÃO DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS *POINT-BASED* ($DP^*(L_P/R)$) E *SET-BASED* ($DP^*(L_S/R)$), DE UM PRODUTO COM DOIS COMPONENTES PARA A RELAÇÃO $c/R=0,001$ E CONDIÇÕES DAS FRONTEIRAS.

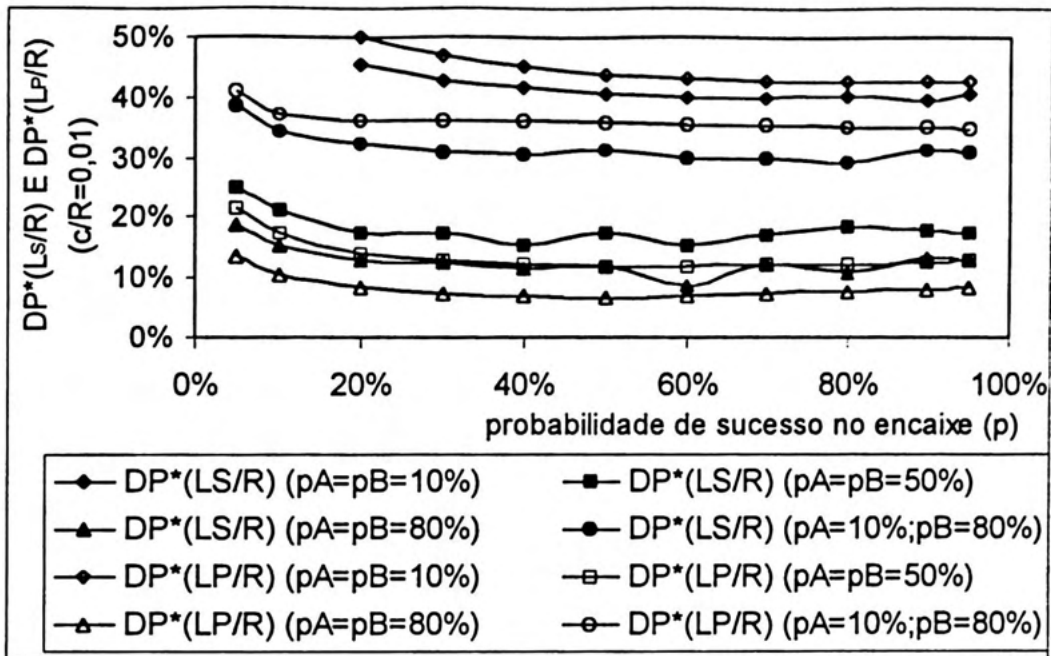


FIGURA 5.24: DESVIOS-PADRÃO DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS *POINT-BASED* ($DP^*(LP/R)$) E *SET-BASED* ($DP^*(LS/R)$), DE UM PRODUTO COM DOIS COMPONENTES PARA A RELAÇÃO $c/R=0,01$ E CONDIÇÕES DAS FRONTEIRAS.

As Figuras 5.23 e 5.24 acima nos mostram que o Desvio-Padrões, sob as condições das fronteiras, sofrem basicamente a influência das probabilidades de sucesso individuais das alternativas, qualquer que seja a abordagem considerada para gerir o projeto. Projetos onde as alternativas apresentam baixas probabilidades de sucesso individuais (como é o caso $p_A=p_B=10\%$) apresentam maiores incertezas no resultado econômico quer sejam geridos pelo *Set-Based* quanto pelo *Point-Based*.

Os resultados da seção 5.3.2 acima, mais principalmente aqueles obtidos com as Figuras 5.14, 5.15 e 5.16, nos mostram que uma diminuição na extensão (w) da janela de oportunidades acarreta um aumento no Desvio-Padrão do resultado econômico do desenvolvimento pelo *Point-Based*. Este efeito pode levar a abordagem *Set-Based* a apresentar, na

região onde já prevalece seu maior Valor Esperado Máximo, Desvio-Padrão menor que o *Point-Based*. A exceção são projetos onde as alternativas apresentam probabilidades de sucesso individuais relativamente baixas (como $p_A=p_B=10\%$) onde há um efeito contrário sobre o Desvio-Padrão do resultado econômico para o *Point-Based*. Nestes casos, conforme já analisados pela Figura 5.14, uma diminuição da janela de oportunidades provoca uma queda no Desvio-Padrão pelo aumento da certeza do insucesso.

A Figura 5.25 traz os Desvios-Padrão do resultado econômico para o *Set-Based* e para o *Point-Based* para uma extensão de 50 ($w=50$) para a janela de oportunidades para a relação $c/R=0,001$, relativamente menor que as extensões (w^*) sobre as fronteiras para a relação $c/R=0,001$, apresentadas na Figura 5.17 acima. Os resultados estão apresentados na Tabela A31 para o *Point-Based* e na Tabela A42 para o *Set-Based*, ambas no Anexo A do trabalho.

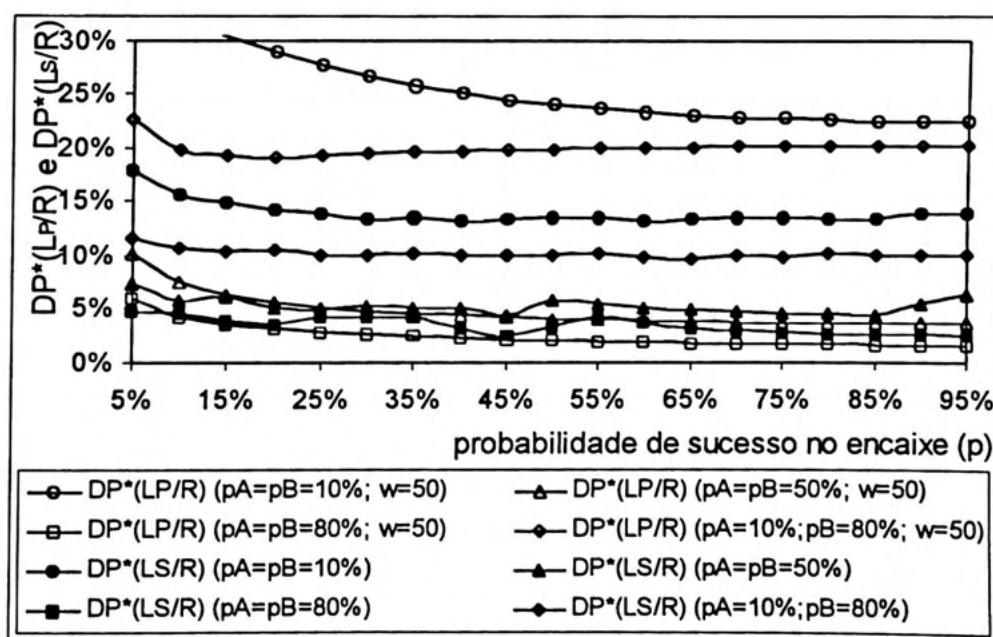


FIGURA 5.25: DESVIOS-PADRÃO DOS RESULTADOS ECONÔMICOS DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS *SET-BASED* E *POINT-BASED*, DE UM PRODUTO COM DOIS COMPONENTES PARA A RELAÇÃO $c/R=0,001$.

Podemos notar, pela Figura 5.25 acima, que mesmo para uma extensão de janela de oportunidades de 50 ($w=50$), o Desvio-Padrão do resultado econômico pela abordagem Set-Based já é inferior que ao do Point-Based em projetos onde pelo menos um dos componentes apresenta alternativas com probabilidades de sucesso individuais relativamente pequenas. Mesmo para projetos com probabilidades de sucesso individuais maiores, os Desvios-Padrão do resultado econômico pelo Set-Based apresentam os mesmos níveis que aqueles do Point-Based.

A Figura 5.26 abaixo, traz os Desvios-Padrão do resultado econômico para o Set-Based e para o Point-Based, dada a relação $c/R=0,01$, para uma janela de oportunidades de extensão 5 ($w=5$), relativamente menor que as extensões (w^*) sobre as fronteiras para a relação $c/R=0,01$, apresentadas na Figura 5.19 acima. A exceção é o caso $p_A=p_B=10\%$ que aparece com janela de extensão 10, por ser inviável um projeto com janela de extensão 5, nestas condições. Os resultados estão apresentados na Tabela A32 para o Point-Based e na Tabela A44 para o Set-Based, no Anexo A.

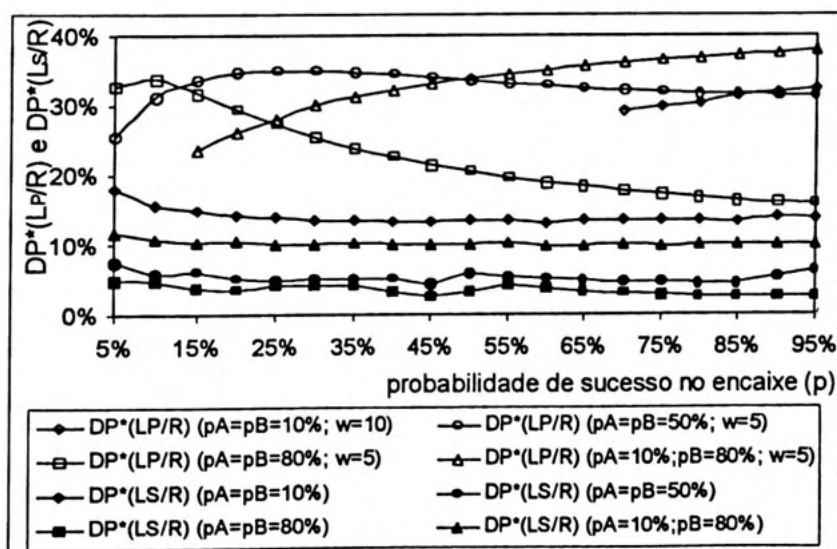


FIGURA 5.26: DESVIOS-PADRÃO DOS RESULTADOS ECONÔMICOS DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS SET-BASED E POINT-BASED, DE UM PRODUTO COM DOIS COMPONENTES PARA A RELAÇÃO $c/R=0,01$.

O gráfico da Figura 5.26 nos mostra que o Desvio-Padrão do resultado econômico pelo Set-Based é menor que o do Point-Based qualquer que sejam as probabilidades de sucesso individuais (p_A e p_B), fixada a extensão da janela de oportunidades em 5 ($w=5$), bastante pertinente para uma análise dentro da região de dominância do Valor Esperado Máximo do Set-Based, para a relação $c/R=0,01$, como observamos pela Figura 5.19 acima.

Estes resultados mostram que, na região de dominância da abordagem Set-Based, não prevalece somente o seu Valor Esperado Máximo, mas também o seu Desvio-Padrão do resultado econômico para projetos com relações c/R consideradas bastante pequenas (como no caso de $c/R=0,001$) como também para relações consideradas relativamente altas (como $c/R=0,01$) no contexto de nossas parametrizações.

5.5 ANÁLISE DOS EFEITOS DA APRENDIZAGEM E DA POSSIBILIDADE DE O *SET-BASED* SER REPETIDO EM VÁRIOS CICLOS SOBRE A FRONTEIRA DE SEPARAÇÃO.

Esta seção tem o objetivo de apresentar os efeitos da aprendizagem e da possibilidade de repetição do *Set-Based* em vários ciclos sobre as fronteiras de separação para o caso do desenvolvimento de um produto constituído de dois componentes. Para isto, iniciaremos com o desenvolvimento da expressão do Valor Esperado Máximo para o *Set-Based*, já incorporando os dois efeitos mencionados acima. Posteriormente, depois de apresentar a expressão do Valor Esperado Máximo para a abordagem *Point-Based*, incorporado o efeito do aprendizado, passamos à obtenção da nova fronteira entre as regiões onde cada uma das duas abordagens apresenta dominância em termos de Valor Esperado Máximo.

Supondo haver recursos para repetir a estratégia *Set-Based* em vários ciclos, devemos considerá-la diante de um eventual fracasso ao final do primeiro ciclo. Vimos na seção 5.2.2 acima, considerando-se ciclo único, que a estratégia que maximiza o Valor Esperado do resultado econômico do desenvolvimento, pelo *Set-Based*, de um produto com dois componentes é a de, desenvolver N_A^* e N_B^* e o Valor Esperado Máximo resultante é dado pela expressão 5.5 acima e reproduzida aqui para efeito de comodidade de leitura.

$$E^* \left(\frac{L_S}{R} \right) = \sum_{X_A=0}^{N_A^*} \sum_{X_B=0}^{N_B^*} p(x_A = X_A) p(x_B = X_B) p_E(X_A, X_B) - \frac{c}{R} (N_A^* + N_B^*)$$

O risco (Risco*) de o processo chegar ao final do primeiro ciclo sem obter sucesso é dado pela expressão 5.8 na seção 5.2.2 acima e reproduzida abaixo.

$$Risco^* = 1 - somaprob^*$$

Assim, diante do fracasso ao final do primeiro ciclo, podemos continuar com o processo adentrando ao segundo ciclo com $N_A(2)$ e $N_B(2)$ alternativas dos componentes A e B respectivamente de forma a auferir uma contribuição ($E_2(L_{SS}/R)$) ao Valor Esperado do resultado econômico do desenvolvimento, pelo *Set-Based*, de um produto constituído por dois componentes, conforme a expressão 5.19 abaixo.

$$(5.19) E_2 \left[\frac{L_{SS}}{R} \right] = (1 - somaprob^*) \left\{ somaprob(2) \left[1 - \frac{(2-1)}{w} \right] - \frac{c_s(2)}{R} (N_A(2) + N_B(2)) \right\}$$

onde:

- $somaprob(2)$ é a probabilidade de o sucesso ocorrer ao final do segundo ciclo de desenvolvimento. $Somaprob(2)$ é apresentado na expressão 5.20 abaixo;
- $(1-(2-1)/w)$ é o faturamento potencial de mercado a que a empresa teria direito ao final do segundo ciclo diante de pelo menos um sucesso e posterior lançamento do produto;
- $c_s(2)$ é o custo para desenvolver, pela abordagem *Set-Based*, uma alternativa qualquer, de qualquer um dos componentes, durante o segundo ciclo de desenvolvimento, considerando-se o efeito do aprendizado com o desenvolvimento das alternativas no ciclo anterior. $C_s(2)$ é apresentado na expressão 5.21 abaixo.

- $N_A(2)$ e $N_B(2)$ são os números de alternativas, respectivamente, de componentes A e B escolhidas para serem desenvolvidas no segundo ciclo de desenvolvimento.

A probabilidade de o sucesso ocorrer ao final do segundo ciclo quando são desenvolvidas $N_A(2)$ e $N_B(2)$ alternativas é denominada $somaprob(2)$ e é apresentada na expressão 5.20 abaixo.

$$(5.20) \text{ somaprob}(2) = \sum_{X_A=0}^{N_A(2)} \sum_{X_B=0}^{N_B(2)} p(x_A(2) = X_A) p(x_B(2) = X_B) p_E(X_A, X_B)$$

onde:

- $p(x_A(2) = X_A)$ é a probabilidade de se obter X_A alternativas que apresentam sucessos individuais ao final do segundo ciclo de desenvolvimento e é apresentada na expressão 5.22 baixo;
- $p(x_B(2) = X_B)$ é a probabilidade de se obter X_B alternativas que apresentam sucessos individuais ao final do segundo ciclo de desenvolvimento e é apresentada na expressão 5.23 baixo;
- $p_E(X_A, X_B)$ é a probabilidade total de encaixe ou de se obter o funcionamento conjunto satisfatório com pelo menos um par de alternativas dos componentes A e B, diante de X_A e X_B sucessos individuais. A expressão 5.4 acima apresenta esta probabilidade;

O aprendizado que a equipe de projeto tem ao desenvolver várias alternativas em ciclos anteriores vai repercutir num ganho de produtividade no desenvolvimento de novas alternativas em ciclos futuros. Conforme apresentado na seção 4.6 do capítulo anterior, consideramos estes ganhos como uma diminuição no custo de desenvolvimento de uma nova

alternativa. Empregamos uma curva de aprendizagem onde o expoente vale - 0,321928 relativo a um "percentual de aprendizagem" de 80%. Assim, ao iniciar o segundo ciclo, a equipe tem a experiência do desenvolvimento de $N_A^* + N_B^*$ alternativas do primeiro ciclo, sendo que o custo de desenvolvimento de uma alternativa qualquer no segundo ciclo é dado pela expressão 5.21 abaixo.

$$(5.21) \quad c_S(2) = c(N_A^* + N_B^*)^{-0,321928}$$

onde:

- c é o custo de desenvolvimento de uma alternativa qualquer no primeiro ciclo;

As expressões 5.22, 5.23 apresentam as expressões das probabilidades de os números de ocorrências de sucessos individuais, ao final do segundo ciclo de desenvolvimento, serem, respectivamente, X_A e X_B , dentre os totais $N_A(2)$ e $N_B(2)$ de alternativas dos componentes A e B que foram desenvolvidas no ciclo.

$$(5.22) \quad P(x_A(2) = X_A) = \binom{N_A(2)}{X_A} p_A^{X_A} (1 - p_A)^{N_A(2) - X_A}$$

$$(5.23) \quad P(x_B(2) = X_B) = \binom{N_B(2)}{X_B} p_B^{X_B} (1 - p_B)^{N_B(2) - X_B}$$

Sendo assim, escolhendo-se estrategicamente os números de alternativas $N_A^*(2)$ e $N_B^*(2)$ que maximizam a contribuição do segundo ciclo de desenvolvimento ao Valor Esperado do resultado econômico, obtemos a expressão 5.24 abaixo que nos apresenta, então, tal contribuição ($(E_2(L_{SS}/R))$, da expressão 5.19 acima) já maximizada.

$$(5.24) E_2 * \left[\frac{L_{SS}}{R} \right] = (1 - somaprob^*) \left\{ somaprob^*(2) \left[1 - \frac{(2-1)}{w} \right] - \frac{c_s(2)}{R} (N_A^*(2) + N_B^*(2)) \right\}$$

Depois de (k-1) ciclos de insucessos, a contribuição, já maximizada, do k-ésimo ciclo ao Valor Esperado do resultado econômico do desenvolvimento, pelo *Set-Based*, de um produto constituído por dois componentes é apresentada abaixo pela expressão 5.25.

(5.25)

$$E_k * \left[\frac{L_{SS}}{R} \right] = \prod_{i=1}^{k-1} (1 - somaprob^*(i)) \left\{ somaprob^*(k) \left[1 - \frac{(k-1)}{w} \right] - \frac{c_s(k)}{R} (N_A^*(k) + N_B^*(k)) \right\}$$

onde:

- $c_s(k)$ é o custo de desenvolvimento, pela abordagem *Set-Based*, de qualquer alternativa durante o k-ésimo ciclo e, está apresentado na expressão 5.26 abaixo.

Depois de ter acumulado a experiência ou aprendizado com o desenvolvimento de todas as alternativas em cada um dos (k-1) ciclos anteriores, a equipe colhe um ganho de produtividade que é expresso, em nosso modelo, como um decréscimo no custo de desenvolvimento de uma nova alternativa de projeto. A expressão 5.26 abaixo nos apresenta, então, o custo para o desenvolvimento de uma alternativa qualquer no k-ésimo ciclo.

$$(5.26) \quad c_s(k) = c \left[\sum_{i=1}^{k-1} (N_A(i)^* + N_B(i)^*) \right]^{-0,321928}$$

Diante de sucessivos insucessos, o processo continua adentrando a novos ciclos até que a contribuição ao Valor Esperado do (k*+1)-ésimo ciclo não seja mais positiva. Assim, a estratégia de se

maximizar o Valor Esperado do resultado econômico do desenvolvimento, pelo Set-Based, de um produto com dois componentes é a de prosseguir com o desenvolvimento até, no máximo ao k^* -ésimo ciclo de desenvolvimento. A expressão 5.27 abaixo nos apresenta a última contribuição positiva ao Valor Esperado.

(5.27)

$$E_{k^*} * \left[\frac{L_{SS}}{R} \right] = \prod_{i=1}^{k^*-1} (1 - somaprob^*(i)) \left\{ somaprob^*(k^*) \left[1 - \frac{(k^*-1)}{w} \right] - \frac{c_s(k^*)}{R} (N_A^*(k^*) + N_B^*(k^*)) \right\}$$

O Valor Esperado Máximo do resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem *Point-Based*, de um produto constituído de dois componentes, considerando-se o efeito do aprendizado é facilmente obtido da expressão 5.15, na seção 5.3.2 acima, já que não há alteração na distribuição de probabilidades, conforme expressão 5.28 abaixo.

(5.28)

$$E * \left(\frac{L_P}{R} \right) = \sum_{k=1}^{k^*} PTOTAL(k) \left[1 - \frac{(k-1)}{w} - 2k \frac{c_P(k)}{R} \right] - 2k * \frac{c_P(k^*)}{R} (1 - somaptot(k^*))$$

onde:

- $c_P(k)$ é o custo de desenvolvimento, pela abordagem *Point-Based*, de uma alternativa de qualquer um dos componentes no k -ésimo ciclo. Está apresentado na expressão 5.29 abaixo.

A expressão 5.29 abaixo nos apresenta o custo de desenvolvimento, pela abordagem *Point-Based*, de uma alternativa qualquer no k -ésimo ciclo, considerando os efeitos da aprendizagem com 80% de “percentual de aprendizado”.

$$(5.29) \quad c_P(k) = c [2(k-1)]^{-0,321928}$$

A rotina "Front2ciap", apresentada no Anexo B do trabalho, foi desenvolvida em MATLAB versão 4.2, com o objetivo de obter a fronteira de separação, isto é, os valores (w^*) de extensões das janelas de oportunidades que igualam os Valores Esperados Máximos dos resultados econômicos do desenvolvimento, pelas abordagens *Set-Based* e *Point-Based*, de um produto constituído por dois componentes, considerados os efeitos do aprendizado e a possibilidade de o *Set-Based* ser repetido em muitos ciclos.

As Figura 5.27, 5.28, 5.29 e 5.30 apresentam as fronteiras de separação entre as regiões onde cada uma das abordagens *Set-Based* e *Point-Based* apresenta, cada qual, melhor resultado econômico. Os resultados estão apresentados nas Tabelas A46,A47,A48 e A49 do Anexo A do Trabalho.

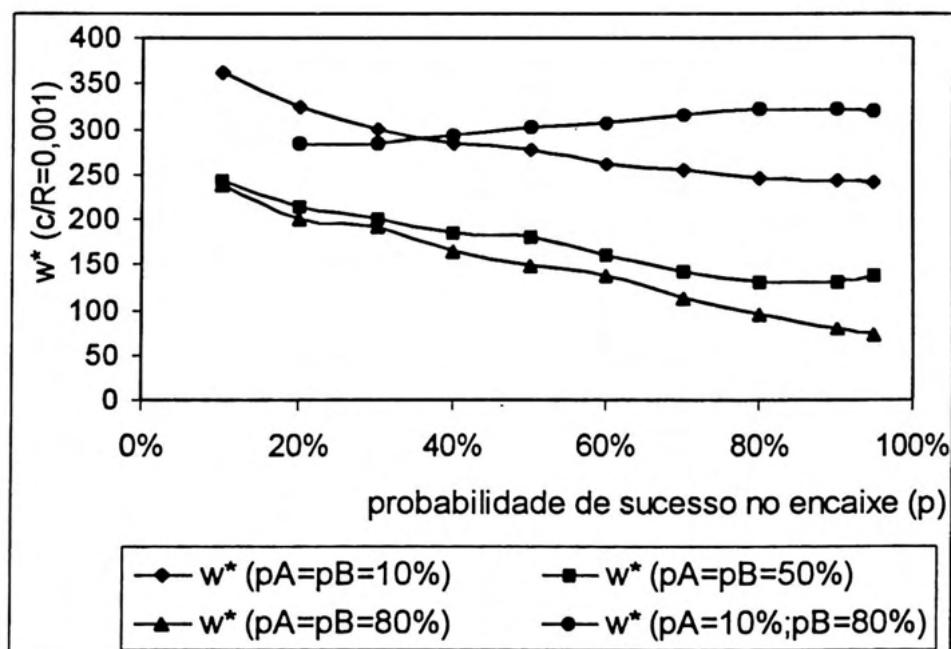


FIGURA 5.27: FRONTEIRAS (w^*) DE SEPARAÇÃO DAS REGIÕES ONDE CADA UM DAS ABORDAGENS SUPERA A OUTRA EM TERMOS DE VALOR ESPERADO MÁXIMO DO RESULTADO ECONÔMICO NO DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES, PARA A RELAÇÃO $c/R=0,001$, CONSIDERADOS OS EFEITO DO APRENDIZADO E DA POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO DO SET-BASED .

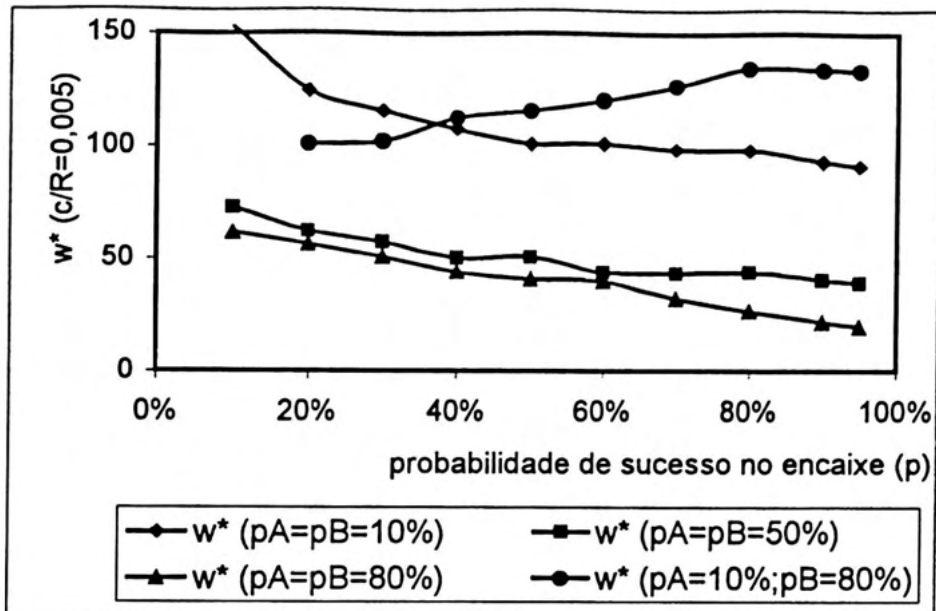


FIGURA 5.28: FRONTEIRAS (w^*) DE SEPARAÇÃO DAS REGIÕES ONDE CADA UM DAS ABORDAGENS SUPERA A OUTRA EM TERMOS DE VALOR ESPERADO MÁXIMO DO RESULTADO ECONÔMICO NO DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES, PARA A RELAÇÃO $c/R=0,005$, CONSIDERADOS OS EFEITO DO APRENDIZADO E DA POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO DO SET-BASED .

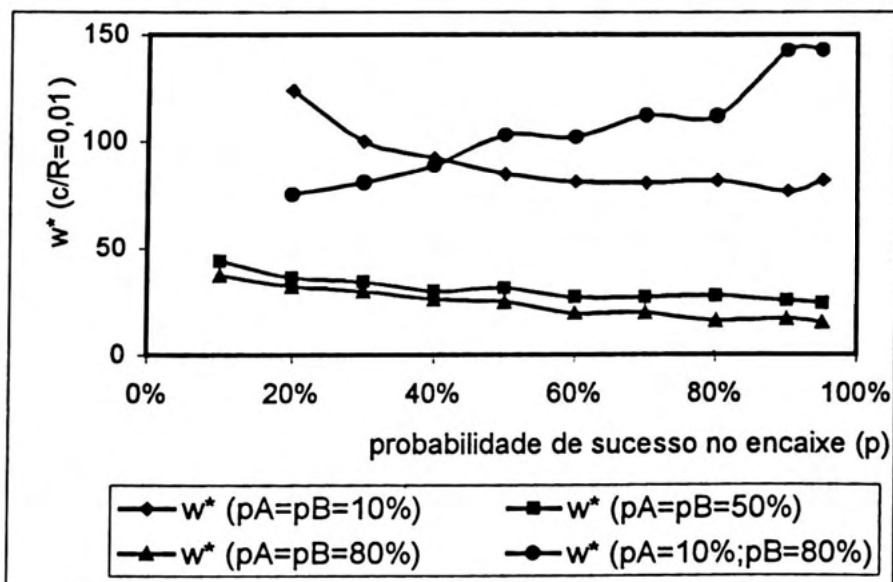


FIGURA 5.29: FRONTEIRAS (w^*) DE SEPARAÇÃO DAS REGIÕES ONDE CADA UM DAS ABORDAGENS SUPERA A OUTRA EM TERMOS DE VALOR ESPERADO MÁXIMO DO RESULTADO ECONÔMICO NO DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES, PARA A RELAÇÃO $c/R=0,01$, CONSIDERADOS OS EFEITO DO APRENDIZADO E DA POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO DO SET-BASED .

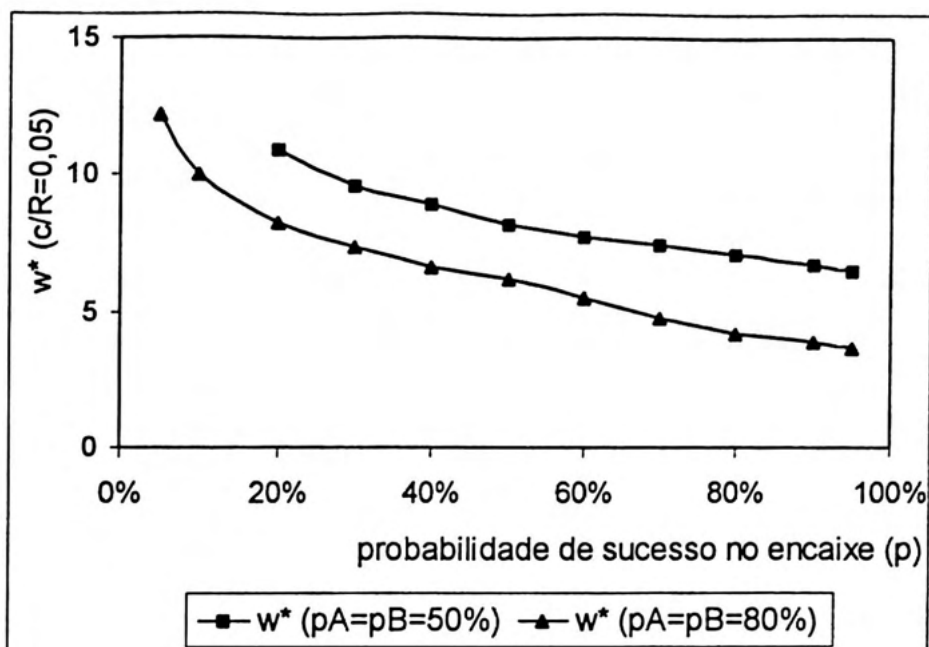


FIGURA 5.30: FRONTEIRAS (w^*) DE SEPARAÇÃO DAS REGIÕES ONDE CADA UM DAS ABORDAGENS SUPERA A OUTRA EM TERMOS DE VALOR ESPERADO MÁXIMO DO RESULTADO ECONÔMICO NO DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES, PARA A RELAÇÃO $c/R=0,05$, CONSIDERADOS OS EFEITOS DO APRENDIZADO E DA POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO DO SET-BASED.

Podemos notar que o padrão das curvas de fronteiras das Figuras 5.17 até 5.20 se mantém porém os efeitos do aprendizado e da possibilidade de repetição do Set-Based em vários ciclos as elevam, aumentando ainda mais as regiões de dominância da abordagem Set-Based.

Os efeitos sobre as fronteiras são muito análogos àqueles encontrados no caso do desenvolvimento de um produto constituído de componente único.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo faz um síntese dos principais resultados obtidos em nossa pesquisa e os relaciona com a literatura de forma a mostrar a contribuição do trabalho além de na segunda seção apresentar algumas sugestões para trabalhos futuros.

6.1 PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS E CONTRIBUIÇÃO À LITERATURA.

Os resultados obtidos ao longo dos capítulos 4 e 5 dão respostas bastante satisfatórias às questões de pesquisas enunciadas na seção 1.2 do capítulo 1 do trabalho. Os modelos desenvolvidos nos capítulos 4 e 5 foram capazes de levantar resultados que apresentaram os lugares geométricos que apresentam as condições de projeto e de mercado que igualam os resultados econômicos do desenvolvimento, pelas abordagens *Set-Based* e *Point-Based*, de um produto constituído, respectivamente, de componente único e por dois componentes.

Notamos que tanto para o caso de produto com componente único quanto naquele onde o produto é constituído de dois componentes, a abordagem *Set-Based* apresenta sempre os melhores resultados econômicos se o projeto apresentar relação c/R relativamente baixa como no caso de $c/R=0,001$, quaisquer que sejam os níveis das outras condições de projeto, se tomarmos uma extensão de janela de 50 ($w=50$) considerada uma das mais altas. Mesmo para as relações de c/R maiores como 0,005 e 0,01, a dominância do *Set-Based* ainda persiste se as outras condições de projeto não forem boas.

Para as relações de $c/R=0,005$ e 0,01 ou 0,05, o *Set-Based* apresenta-se como a abordagem de melhor resultado econômico, para o caso de desenvolvimento de um produto de componente único (apresentado no capítulo 4), para projetos que apresentem pequenas probabilidades de sucesso (p) ou então baixas extensões da janela de oportunidades para as vendas do produto, o que confirma a característica do *Set-Based* na literatura, principalmente encontrado em SOBEK (1997), de que ele apresenta um potencial maior para gerir projetos com piores condições de sucesso.

Além disto nossa pesquisa apresenta também o resultado de que cada uma das abordagens parecem apresentar, em suas respectivas regiões de dominância, não só Valor Esperado Máximo superior à outra abordagem mas também incerteza menor (obtido através de Desvios-Padrão).

Uma contribuição importante de nossa pesquisa, além dos resultados propriamente ditos, é a de mapear regiões bastante distintas

e bem definidas (pela fronteira de separação) onde cada uma das abordagens apresenta Valor Esperado Máximo superior ao da outra abordagem.

Tais resultados encontrados são, digamos, análogos àqueles encontrados por DAHAN (1998), quando o autor analisa a aplicabilidade de cada uma das estratégias (série ou paralelo) de prototipização em relação ao fator de descapitalização.

Apesar de o autor não mapear uma fronteira de separação nem obter os valores para as incertezas e riscos de o processo terminar, pelo critérios de maximização do Valor Esperado, sem que se tenha obtido o sucesso, o autor mostrou ser a prototipização em paralelo mais adequada frente fatores de descapitalização menores, isto é, taxas de juros superiores. Neste sentido, nossos resultados encontram cõro nos de DAHAN (1998) com relação à confirmação de que o *Set-Based* apresenta a característica de melhor desempenho para gerir projetos com condições mais desfavoráveis.

Outros resultados importantes de nossa pesquisa são aqueles relacionados ao aprendizado e à possibilidade de a abordagem *Set-Based* ser repetida em vários ciclos. Observados, para o caso do desenvolvimento de um produto de componente único apresentado no capítulo 4, que o efeito da possibilidade de repetir o *Set-Based* em vários ciclos é o de fazer com que as curvas das fronteiras sofram uma elevação aumentando a região de dominância do *Set-Based*, quaisquer que sejam as relações de c/R do projeto.

Contudo, o efeito do aprendizado sobre os Valores Esperados Máximos para ambas as abordagens favorece um pouco mais a abordagem *Point-Based* por fazer a fronteira sofrer uma pequena queda, conforme

comentado na seção 4.6 do trabalho. Como vimos, os efeitos do aprendizado são relevantes para projetos com baixas probabilidades de sucesso (p), em decorrência de se considerar as contribuições dos próximos ciclos de desenvolvimento ao Valor Esperado Máximo. O *Point-Based*, por apresentar uma distribuição acumulada de menor gradiente do que o *Set-Based*, em relação ao número de ciclos de desenvolvimento acaba por fazer com que as contribuições, ao seu Valor Esperado Máximo, sejam superiores às do *Set-Based*.

Ao analisar os resultados ao longo do capítulo 5 para o caso do desenvolvimento de um produto com dois componentes, concluímos que os padrões dos resultados obtidos no caso de desenvolvimento de produto de componente único são confirmados. Porém, as contribuições de nossa pesquisa são maiores nestes casos já que, conforme apresentado no Referencial Teórico, no capítulo 2, não há trabalhos na literatura que trate de analisar quantitativamente o efeito de uma maior complexidade no produto a ser desenvolvido sobre os desempenhos de cada uma das abordagens *Set-Based* e *Point-Based*. A exceção é o trabalho de WU (2000).

Porém, como vimos no Referencial Teórico, a autora, desenvolve uma expressão para o Valor Esperado do desenvolvimento de um produto constituído por dois componentes somente para a abordagem *Set-Based*. WU (2000) não desenvolve uma expressão para o Valor Esperado do resultado econômico do desenvolvimento de um produto constituído por dois componentes para a abordagem *Point-Based*, nem tampouco os compara.

Encontramos, para o caso do desenvolvimento de um produto constituído de dois componentes, ao longo de todo o capítulo 5, que a

região de dominância do *Set-Based* é maior para projetos que apresentam alternativas cujas probabilidades de sucesso individuais são menores. Isto confirma a característica, encontrada em SOBEK (1997, p. 237, 238) de que o *Set-Based* apresenta um grande potencial para gerir projetos considerados mais complexos. Os efeitos do aprendizado e da possibilidade de repetição do *Set-Based* em vários ciclos sobre a fronteira nestes casos é muito similar àqueles do caso do desenvolvimento de um produto constituído de componente único, apresentado na seção 4.6 do trabalho. A região de dominância do *Set-Based* aumenta diante de tais efeitos para projetos de produto com dois componentes, considerados mais complexos.

Um outro resultado bastante importante, encontrado nos casos de desenvolvimento de produto constituído por dois componentes, no capítulo 5, está relacionado a projetos onde os componentes A e B apresentam probabilidades de sucesso individuais bastante diferentes, como no caso parametrizado $p_A=10\%$ e $p_B=80\%$ na pesquisa.

São projetos onde deve haver o desenvolvimento de um produto onde se conhece e domina relativamente bem um dos componentes enquanto ainda há muita incerteza sobre o desempenho individual do outro. Para projetos com tais características, o *Set-Based* apresenta-se como a abordagem de melhor desempenho econômico para quaisquer relações de c/R , se considerarmos extensões de $w=50$ como as maiores possíveis. Além disto, ocorre um fato curioso que é o da inversão do comportamento da fronteira, já comentado na seção 5.4 do trabalho, devido à baixíssima sensibilidade que o Valor Esperado

Máximo da abordagem *Point-Based* apresenta em relação à probabilidade de sucesso no encaixe (p) de dois componentes.

6.2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.

Nossa pesquisa buscou comparar o desempenho econômico do processo de desenvolvimento gerido pelas duas abordagens *Point-Based* e *Set-Based* sob algumas condições de projeto e de mercado. Por se tratar de um assunto bastante motivador e ainda relativamente pouco pesquisado, certamente há muito o que se fazer em relação à pesquisa da abordagem *Set-Based* de gestão da Engenharia Simultânea.

Contudo, mais diretamente relacionado à nossa pesquisa podemos colocar algumas sugestões para continuá-lo:

- Podemos tomar os aspectos que constam do catálogo levantado na pesquisa e, apresentado na seção 2.3 do trabalho, e ainda não modelados, como a os efeitos do instante de congelamento das especificações para o produto ou ainda um aprofundamento nas interrelações do processo de desenvolvimento do produto com o processo produtivo de forma a conhecer os efeitos de um maior entrosamento das duas equipes.
- Podemos aprofundar melhor o entendimento das relações com o mercado para modelá-las, isto, introduzir níveis diferentes de faturamentos potenciais de mercado diferentes conforme os níveis de qualidade e atributo apresentado pelo produto, de forma a que apareça uma nova decisão diante do produto

desenvolvido, ao final do ciclo. Assim, a equipe deveria se decidir por continuar com o desenvolvimento e tentar melhorar o desempenho do produto para auferir um faturamento maior ou lançá-lo imediatamente;

- Podemos admitir que as necessidades ou desejos dos consumidores se alterem ao longo do processo de desenvolvimento e analisar seus efeitos em conjunto com estratégias diferentes de congelamento das especificações, considerando as duas abordagens *Set-Based* e *Point-Based*. Assim, poderíamos observar um outro aspecto do *Set-Based* que parece bastante importante na comparação com o *Point-Based* que seria a possibilidade de desenvolver uma carteira de alternativas que minimizasse o risco do projeto, protegendo-o contra eventuais mudanças nas necessidades do mercado ao longo do tempo;
- Dividir o processo em duas ou mais fases de forma considerar os efeitos isolados de custos de desenvolvimento com custos de lançamentos do produto no mercado.

ANEXO A

APRESENTAÇÃO DOS PRINCIPAIS RESULTADOS

Este anexo apresenta os principais resultados numéricos encontrados para Valores Esperados e Desvios-Padrões dos resultados econômicos provenientes dos modelos de desenvolvimento, pelas abordagens *Set-Based* e *Point-Based*, tanto no caso de um produto constituído de componente único (apresentado no capítulo 4 do trabalho) quanto naquele onde o produto é constituído por dois componentes (apresentado no capítulo 5 do trabalho).

TABELA A1: VALORES ESPERADOS MÁXIMOS ($E^*(L_p/R)$) E DESVIOS-PADRÕES ($DP^*(L_p/R)$) PARA O RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM POINT-BASED, DE UM PRODUTO COM COMPONENTE ÚNICO PARA UMA RELAÇÃO $c/R=0,001$.

cR	p	$E^*(L_p/R)$ (w=1)	$E^*(L_p/R)$ (w=5)	$E^*(L_p/R)$ (w=10)	$E^*(L_p/R)$ (w=50)	$DP^*(L_p/R)$ w=1	$DP^*(L_p/R)$ w=5	$DP^*(L_p/R)$ w=10	$DP^*(L_p/R)$ w=50
0.001	0.050	0.049	0.136	0.230	0.631	0.218	0.293	0.345	0.318
0.001	0.100	0.099	0.259	0.407	0.811	0.300	0.365	0.381	0.194
0.001	0.150	0.149	0.366	0.540	0.880	0.357	0.391	0.365	0.129
0.001	0.200	0.199	0.459	0.638	0.915	0.400	0.395	0.332	0.094
0.001	0.250	0.249	0.539	0.713	0.936	0.433	0.384	0.293	0.073
0.001	0.300	0.299	0.609	0.770	0.950	0.458	0.365	0.255	0.059
0.001	0.350	0.349	0.669	0.814	0.960	0.477	0.341	0.221	0.048
0.001	0.400	0.399	0.721	0.848	0.968	0.490	0.315	0.191	0.041
0.001	0.450	0.449	0.766	0.876	0.973	0.497	0.287	0.164	0.035
0.001	0.500	0.499	0.804	0.898	0.978	0.500	0.259	0.142	0.030
0.001	0.550	0.549	0.838	0.916	0.982	0.497	0.231	0.123	0.026
0.001	0.600	0.599	0.866	0.932	0.985	0.490	0.205	0.106	0.022
0.001	0.650	0.649	0.891	0.945	0.988	0.477	0.179	0.092	0.019
0.001	0.700	0.699	0.913	0.956	0.990	0.458	0.156	0.079	0.016
0.001	0.750	0.749	0.932	0.965	0.992	0.433	0.133	0.067	0.014
0.001	0.800	0.799	0.949	0.974	0.994	0.400	0.112	0.056	0.012
0.001	0.850	0.849	0.964	0.981	0.995	0.357	0.092	0.046	0.010
0.001	0.900	0.899	0.977	0.988	0.997	0.300	0.071	0.035	0.007
0.001	0.950	0.949	0.988	0.994	0.998	0.218	0.047	0.024	0.005
0.001	1.000	0.999	0.999	0.999	0.999	0.000	0.000	0.000	0.000

TABELA A2: VALORES ESPERADOS MÁXIMOS ($E^*(L_p/R)$) E DESVIOS-PADRÕES ($DP^*(L_p/R)$) PARA O RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM POINT-BASED, DE UM PRODUTO COM COMPONENTE ÚNICO PARA UMA RELAÇÃO $c/R=0,005$.

cR	p	$E^*(L_p/R)$ (w=1)	$E^*(L_p/R)$ (w=5)	$E^*(L_p/R)$ (w=10)	$E^*(L_p/R)$ (w=50)	$DP^*(L_p/R)$ w=1	$DP^*(L_p/R)$ w=5	$DP^*(L_p/R)$ w=10	$DP^*(L_p/R)$ w=50
0.005	0.050	0.045	0.118	0.197	0.558	0.218	0.298	0.357	0.377
0.005	0.100	0.095	0.242	0.381	0.771	0.300	0.370	0.394	0.231
0.005	0.150	0.145	0.351	0.518	0.853	0.357	0.397	0.379	0.153
0.005	0.200	0.195	0.445	0.621	0.895	0.400	0.401	0.344	0.112
0.005	0.250	0.245	0.527	0.698	0.920	0.433	0.391	0.304	0.087
0.005	0.300	0.295	0.598	0.757	0.937	0.458	0.372	0.265	0.070
0.005	0.350	0.345	0.659	0.803	0.949	0.477	0.347	0.229	0.058
0.005	0.400	0.395	0.712	0.838	0.958	0.490	0.320	0.198	0.048
0.005	0.450	0.445	0.757	0.867	0.964	0.497	0.292	0.171	0.041
0.005	0.500	0.495	0.797	0.890	0.970	0.500	0.263	0.148	0.035
0.005	0.550	0.545	0.830	0.909	0.975	0.497	0.235	0.128	0.030
0.005	0.600	0.595	0.860	0.925	0.978	0.490	0.208	0.111	0.026
0.005	0.650	0.645	0.885	0.938	0.982	0.477	0.183	0.096	0.023
0.005	0.700	0.695	0.907	0.950	0.984	0.458	0.159	0.082	0.020
0.005	0.750	0.745	0.927	0.960	0.987	0.433	0.136	0.070	0.017
0.005	0.800	0.795	0.944	0.969	0.989	0.400	0.114	0.059	0.014
0.005	0.850	0.845	0.959	0.976	0.991	0.357	0.093	0.048	0.011
0.005	0.900	0.895	0.972	0.983	0.992	0.300	0.072	0.037	0.009
0.005	0.950	0.945	0.984	0.989	0.994	0.218	0.048	0.025	0.006
0.005	1.000	0.995	0.995	0.999	0.995	0.000	0.000	0.000	0.000

TABELA A3: VALORES ESPERADOS MÁXIMOS ($E^*(L_p/R)$) E DESVIOS-PADRÕES ($DP^*(L_p/R)$) PARA O RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM POINT-BASED, DE UM PRODUTO COM COMPONENTE ÚNICO PARA UMA RELAÇÃO $c/R=0,01$.

C/R	p	$E^*(L_p/R)$ w=1	$E^*(L_p/R)$ w=5	$E^*(L_p/R)$ w=10	$E^*(L_p/R)$ w=50	$DP^*(L_p/R)$ w=1	$DP^*(L_p/R)$ w=5	$DP^*(L_p/R)$ w=10	$DP^*(L_p/R)$ w=50
0.010	0.050	0.040	0.095	0.160	0.469	0.218	0.301	0.368	0.444
0.010	0.100	0.090	0.222	0.349	0.722	0.300	0.377	0.411	0.276
0.010	0.150	0.140	0.332	0.491	0.820	0.357	0.405	0.395	0.184
0.010	0.200	0.190	0.429	0.598	0.870	0.400	0.409	0.359	0.134
0.010	0.250	0.240	0.512	0.679	0.900	0.433	0.399	0.318	0.104
0.010	0.300	0.290	0.584	0.741	0.920	0.458	0.379	0.277	0.084
0.010	0.350	0.340	0.646	0.789	0.934	0.477	0.355	0.240	0.069
0.010	0.400	0.390	0.700	0.826	0.945	0.490	0.327	0.207	0.058
0.010	0.450	0.440	0.747	0.856	0.953	0.497	0.298	0.179	0.049
0.010	0.500	0.490	0.787	0.880	0.960	0.500	0.269	0.155	0.042
0.010	0.550	0.540	0.822	0.900	0.965	0.497	0.241	0.134	0.037
0.010	0.600	0.590	0.852	0.917	0.970	0.490	0.213	0.116	0.032
0.010	0.650	0.640	0.878	0.931	0.974	0.477	0.187	0.100	0.027
0.010	0.700	0.690	0.900	0.943	0.977	0.458	0.163	0.086	0.023
0.010	0.750	0.740	0.920	0.953	0.980	0.433	0.139	0.073	0.020
0.010	0.800	0.790	0.938	0.963	0.983	0.400	0.117	0.061	0.017
0.010	0.850	0.840	0.953	0.971	0.985	0.357	0.096	0.050	0.014
0.010	0.900	0.890	0.967	0.978	0.987	0.300	0.074	0.039	0.011
0.010	0.950	0.940	0.979	0.984	0.988	0.218	0.049	0.026	0.007
0.010	1.000	0.990	0.990	0.990	0.990	0.000	0.000	0.000	0.000

TABELA A4: VALORES ESPERADOS MÁXIMOS ($E^*(L_p/R)$) E DESVIOS-PADRÕES ($DP^*(L_p/R)$) PARA O RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM POINT-BASED, DE UM PRODUTO COM COMPONENTE ÚNICO PARA UMA RELAÇÃO $c/R=0,05$.

c/R	p	$E^*(L_p/R)$	$E^*(L_p/R)$	$E^*(L_p/R)$	$E^*(L_p/R)$	$DP^*(L_p/R)$	$DP^*(L_p/R)$	$DP^*(L_p/R)$	$DP^*(L_p/R)$
		w=1	w=5	w=10	w=50	w=1	w=5	w=10	w=50
0.050	0.060	0.010	0.010	0.014	0.041	0.237	0.237	0.314	0.580
0.050	0.100	0.050	0.085	0.131	0.333	0.300	0.400	0.477	0.605
0.050	0.150	0.100	0.195	0.292	0.554	0.357	0.454	0.502	0.427
0.050	0.200	0.150	0.298	0.425	0.670	0.400	0.465	0.471	0.313
0.050	0.250	0.200	0.390	0.530	0.740	0.433	0.459	0.423	0.242
0.050	0.300	0.250	0.473	0.612	0.787	0.458	0.441	0.372	0.195
0.050	0.350	0.300	0.545	0.676	0.820	0.477	0.414	0.324	0.161
0.050	0.400	0.350	0.608	0.727	0.845	0.490	0.383	0.281	0.136
0.050	0.450	0.400	0.662	0.767	0.864	0.497	0.350	0.243	0.115
0.050	0.500	0.450	0.709	0.800	0.880	0.500	0.317	0.211	0.099
0.050	0.550	0.500	0.750	0.827	0.893	0.497	0.284	0.182	0.085
0.050	0.600	0.550	0.786	0.850	0.903	0.490	0.252	0.158	0.074
0.050	0.650	0.600	0.816	0.869	0.912	0.477	0.222	0.136	0.064
0.050	0.700	0.650	0.843	0.886	0.920	0.458	0.193	0.117	0.055
0.050	0.750	0.700	0.867	0.900	0.927	0.433	0.166	0.100	0.047
0.050	0.800	0.750	0.888	0.913	0.933	0.400	0.139	0.084	0.039
0.050	0.850	0.800	0.906	0.924	0.938	0.357	0.114	0.068	0.032
0.050	0.900	0.850	0.922	0.933	0.942	0.300	0.088	0.053	0.025
0.050	0.950	0.900	0.937	0.942	0.946	0.218	0.059	0.035	0.016
0.050	1.000	0.950	0.950	0.950	0.950	0.000	0.000	0.000	0.000

TABELA A5: VALOR ESPERADO DO NÚMERO DE CICLOS ($E^*(k)$) E O RISCO ($Risco(k^*)$) DE O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO TERMINAR, PELO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO, SEM QUE SE TENHA ENCONTRADO O SUCESSO NO DESENVOLVIMENTO, PELO POINT-BASED, DO PRODUTO DE COMPONENTE ÚNICO PARA A RELAÇÃO $c/R=0,001$.

c/R	p	$E^*(k)$	$E^*(k)$	$E^*(k)$	$E^*(k)$	$Risco(k^*)$	$Risco(k^*)$	$Risco(k^*)$	$Risco(k^*)$
		(w=1)	(w=5)	(w=10)	(w=50)	(w=1)	(w=5)	(w=10)	(w=50)
0.001	0.050	0.050	0.655	2.038	14.614	0.950	0.774	0.599	0.077
0.001	0.100	0.100	1.143	3.026	9.691	0.900	0.590	0.349	0.005
0.001	0.150	0.150	1.490	3.385	6.650	0.850	0.444	0.197	0.000
0.001	0.200	0.200	1.723	3.389	4.999	0.800	0.328	0.107	0.000
0.001	0.250	0.250	1.864	3.212	4.000	0.750	0.237	0.056	0.000
0.001	0.300	0.300	1.933	2.957	3.333	0.700	0.168	0.028	0.000
0.001	0.350	0.350	1.945	2.684	2.857	0.650	0.116	0.013	0.000
0.001	0.400	0.400	1.917	2.424	2.500	0.600	0.078	0.006	0.000
0.001	0.450	0.450	1.859	2.191	2.222	0.550	0.050	0.003	0.000
0.001	0.500	0.500	1.781	1.988	2.000	0.500	0.031	0.001	0.000
0.001	0.550	0.550	1.692	1.814	1.818	0.450	0.018	0.000	0.000
0.001	0.600	0.600	1.598	1.665	1.667	0.400	0.010	0.000	0.000
0.001	0.650	0.650	1.504	1.538	1.538	0.350	0.005	0.000	0.000
0.001	0.700	0.700	1.413	1.429	1.429	0.300	0.002	0.000	0.000
0.001	0.750	0.750	1.327	1.333	1.333	0.250	0.001	0.000	0.000
0.001	0.800	0.800	1.248	1.250	1.250	0.200	0.000	0.000	0.000
0.001	0.850	0.850	1.176	1.176	1.176	0.150	0.000	0.000	0.000
0.001	0.900	0.900	1.111	1.111	1.111	0.100	0.000	0.000	0.000
0.001	0.950	0.950	1.053	1.053	1.053	0.050	0.000	0.000	0.000
0.001	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000

TABELA A6: VALOR ESPERADO DO NÚMERO DE CICLOS ($E^*(k)$) E O RISCO ((Risco(k^*))) DE O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO TERMINAR, PELO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO, SEM QUE SE TENHA ENCONTRADO O SUCESSO NO DESENVOLVIMENTO, PELO *POINT-BASED*, DO PRODUTO DE COMPONENTE ÚNICO PARA A RELAÇÃO $c/R=0,005$.

c/R	p	$E^*(k)$ (w=1)	$E^*(k)$ (w=5)	$E^*(k)$ (w=10)	$E^*(k)$ (w=50)	Risco(k^*) (w=1)	Risco(k^*) (w=5)	Risco(k^*) (w=10)	Risco(k^*) (w=50)
0.005	0.050	0.050	0.655	1.723	13.536	0.950	0.774	0.630	0.099
0.005	0.100	0.100	1.143	3.026	9.631	0.900	0.590	0.349	0.006
0.005	0.150	0.150	1.490	3.385	6.647	0.850	0.444	0.197	0.000
0.005	0.200	0.200	1.723	3.389	4.999	0.800	0.328	0.107	0.000
0.005	0.250	0.250	1.864	3.212	4.000	0.750	0.237	0.056	0.000
0.005	0.300	0.300	1.933	2.957	3.333	0.700	0.168	0.028	0.000
0.005	0.350	0.350	1.945	2.684	2.857	0.650	0.116	0.013	0.000
0.005	0.400	0.400	1.917	2.424	2.500	0.600	0.078	0.006	0.000
0.005	0.450	0.450	1.859	2.191	2.222	0.550	0.050	0.003	0.000
0.005	0.500	0.500	1.781	1.988	2.000	0.500	0.031	0.001	0.000
0.005	0.550	0.550	1.692	1.814	1.818	0.450	0.018	0.000	0.000
0.005	0.600	0.600	1.598	1.665	1.667	0.400	0.010	0.000	0.000
0.005	0.650	0.650	1.504	1.538	1.538	0.350	0.005	0.000	0.000
0.005	0.700	0.700	1.413	1.429	1.429	0.300	0.002	0.000	0.000
0.005	0.750	0.750	1.327	1.333	1.333	0.250	0.001	0.000	0.000
0.005	0.800	0.800	1.248	1.250	1.250	0.200	0.000	0.000	0.000
0.005	0.850	0.850	1.176	1.176	1.176	0.150	0.000	0.000	0.000
0.005	0.900	0.900	1.111	1.111	1.111	0.100	0.000	0.000	0.000
0.005	0.950	0.950	1.053	1.053	1.053	0.050	0.000	0.000	0.000
0.005	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000

TABELA A7: VALOR ESPERADO DO NÚMERO DE CICLOS ($E^*(k)$) E O RISCO ((Risco(k^*))) DE O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO TERMINAR, PELO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO, SEM QUE SE TENHA ENCONTRADO O SUCESSO NO DESENVOLVIMENTO, PELO *POINT-BASED*, DO PRODUTO DE COMPONENTE ÚNICO PARA A RELAÇÃO $c/R=0,01$.

c/R	p	$E^*(k)$ (w=1)	$E^*(k)$ (w=5)	$E^*(k)$ (w=10)	$E^*(k)$ (w=50)	Risco(k^*) (w=1)	Risco(k^*) (w=5)	Risco(k^*) (w=10)	Risco(k^*) (w=50)
0.005	0.050	0.050	0.655	1.723	13.536	0.950	0.774	0.630	0.099
0.005	0.100	0.100	1.143	3.026	9.631	0.900	0.590	0.349	0.006
0.005	0.150	0.150	1.490	3.385	6.647	0.850	0.444	0.197	0.000
0.005	0.200	0.200	1.723	3.389	4.999	0.800	0.328	0.107	0.000
0.005	0.250	0.250	1.864	3.212	4.000	0.750	0.237	0.056	0.000
0.005	0.300	0.300	1.933	2.957	3.333	0.700	0.168	0.028	0.000
0.005	0.350	0.350	1.945	2.684	2.857	0.650	0.116	0.013	0.000
0.005	0.400	0.400	1.917	2.424	2.500	0.600	0.078	0.006	0.000
0.005	0.450	0.450	1.859	2.191	2.222	0.550	0.050	0.003	0.000
0.005	0.500	0.500	1.781	1.988	2.000	0.500	0.031	0.001	0.000
0.005	0.550	0.550	1.692	1.814	1.818	0.450	0.018	0.000	0.000
0.005	0.600	0.600	1.598	1.665	1.667	0.400	0.010	0.000	0.000
0.005	0.650	0.650	1.504	1.538	1.538	0.350	0.005	0.000	0.000
0.005	0.700	0.700	1.413	1.429	1.429	0.300	0.002	0.000	0.000
0.005	0.750	0.750	1.327	1.333	1.333	0.250	0.001	0.000	0.000
0.005	0.800	0.800	1.248	1.250	1.250	0.200	0.000	0.000	0.000
0.005	0.850	0.850	1.176	1.176	1.176	0.150	0.000	0.000	0.000
0.005	0.900	0.900	1.111	1.111	1.111	0.100	0.000	0.000	0.000
0.005	0.950	0.950	1.053	1.053	1.053	0.050	0.000	0.000	0.000
0.005	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000

TABELA A8: VALOR ESPERADO DO NÚMERO DE CICLOS ($E^*(k)$) E O RISCO ($Risco(k^*)$) DE O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO TERMINAR, PELO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO, SEM QUE SE TENHA ENCONTRADO O SUCESSO NO DESENVOLVIMENTO, PELO *POINT-BASED*, DO PRODUTO DE COMPONENTE ÚNICO PARA A RELAÇÃO $c/R=0,05$.

c/R	p	$E^*(k)$ (w=1)	$E^*(k)$ (w=5)	$E^*(k)$ (w=10)	$E^*(k)$ (w=50)	Risco(k^*) (w=1)	Risco(k^*) (w=5)	Risco(k^*) (w=10)	Risco(k^*) (w=50)
0.050	0.060	0.060	0.060	0.173	1.960	0.950	0.774	0.599	0.077
0.050	0.100	0.100	0.523	1.143	7.487	0.900	0.590	0.349	0.005
0.050	0.150	0.150	1.099	2.285	6.505	0.850	0.444	0.197	0.000
0.050	0.200	0.200	1.314	2.819	4.991	0.800	0.328	0.107	0.000
0.050	0.250	0.250	1.469	2.799	4.000	0.750	0.237	0.056	0.000
0.050	0.300	0.300	1.933	2.836	3.333	0.700	0.168	0.028	0.000
0.050	0.350	0.350	1.945	2.612	2.857	0.650	0.116	0.013	0.000
0.050	0.400	0.400	1.917	2.384	2.500	0.600	0.078	0.006	0.000
0.050	0.450	0.450	1.859	2.171	2.222	0.550	0.050	0.003	0.000
0.050	0.500	0.500	1.781	1.979	2.000	0.500	0.031	0.001	0.000
0.050	0.550	0.550	1.692	1.814	1.818	0.450	0.018	0.000	0.000
0.050	0.600	0.600	1.598	1.665	1.667	0.400	0.010	0.000	0.000
0.050	0.650	0.650	1.504	1.538	1.538	0.350	0.005	0.000	0.000
0.050	0.700	0.700	1.413	1.429	1.429	0.300	0.002	0.000	0.000
0.050	0.750	0.750	1.327	1.333	1.333	0.250	0.001	0.000	0.000
0.050	0.800	0.800	1.248	1.250	1.250	0.200	0.000	0.000	0.000
0.050	0.850	0.850	1.176	1.176	1.176	0.150	0.000	0.000	0.000
0.050	0.900	0.900	1.111	1.111	1.111	0.100	0.000	0.000	0.000
0.050	0.950	0.950	1.053	1.053	1.053	0.050	0.000	0.000	0.000
0.050	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000

TABELA A9: VALOR ESPERADO MÁXIMO ($E^*(L_S/R)$) DO RESULTADO ECONÔMICO E NÚMERO DE ALTERNATIVAS (N^*) QUE O MAXIMIZA PARA O DESENVOLVIMENTO, PELO *SET-BASED*, DE UM PRODUTO DE COMPONENTE ÚNICO.

p	N^* c/R=0,001	N^* c/R=0,005	N^* c/R=0,01	N^* c/R=0,05	$E^*(L_S/R)$ c/R=0,001	$E^*(L_S/R)$ c/R=0,005	$E^*(L_S/R)$ c/R=0,01	$E^*(L_S/R)$ c/R=0,05
0.05	76.766	45.388	31.875		0.904	0.676	0.486	
0.10	44.204	28.929	22.350	7.074	0.946	0.808	0.682	0.172
0.15	31.324	21.421	17.156	7.253	0.963	0.862	0.767	0.330
0.20	24.235	17.022	13.916	6.703	0.971	0.892	0.816	0.441
0.25	19.681	14.086	11.677	6.083	0.977	0.912	0.848	0.522
0.30	16.477	11.964	10.021	5.509	0.981	0.926	0.872	0.584
0.35	14.080	10.344	8.735	4.999	0.984	0.937	0.889	0.634
0.40	12.208	9.057	7.700	4.550	0.986	0.945	0.903	0.675
0.45	10.694	8.002	6.843	4.150	0.988	0.952	0.915	0.709
0.50	9.437	7.115	6.115	3.793	0.989	0.957	0.924	0.738
0.55	8.369	6.353	5.485	3.470	0.990	0.962	0.933	0.764
0.60	7.443	5.687	4.930	3.174	0.991	0.966	0.940	0.787
0.65	6.626	5.093	4.433	2.900	0.992	0.970	0.946	0.807
0.70	5.892	4.555	3.979	2.642	0.993	0.973	0.952	0.826
0.75	5.219	4.058	3.558	2.397	0.994	0.976	0.957	0.844
0.80	4.588	3.588	3.157	2.157	0.995	0.979	0.962	0.861
0.85	3.979	3.130	2.765	1.917	0.995	0.982	0.967	0.878
0.90	3.362	2.663	2.362	1.663	0.996	0.985	0.972	0.895
0.95	2.672	2.135	1.903	1.366	0.997	0.988	0.978	0.915

TABELA A10: DESVIO-PADRÃO ($DP^*(L_S/R)$) DO RESULTADO ECONÔMICO E O RISCO ($RISCO^*$) DE O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO, PELO *SET-BASED*, DE UM PRODUTO DE COMPONENTE ÚNICO TERMINAR, PELO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO, SEM QUE SE TENHA OBTIDO O SUCESSO.

p	$DP^*(L_S)$ c/R=0,001	$DP^*(L_S)$ c/R=0,005	$DP^*(L_S)$ c/R=0,01	$DP^*(L_S)$ c/R=0,05	Risco* c/R=0,001	Risco* c/R=0,005	Risco* c/R=0,01	Risco* c/R=0,05
0.05	0.138	0.605	0.720		0.019	0.097	0.195	
0.10	0.097	0.496	0.633	0.699	0.009	0.047	0.095	0.475
0.15	0.078	0.430	0.564	0.757	0.006	0.031	0.062	0.308
0.20	0.067	0.385	0.513	0.756	0.004	0.022	0.045	0.224
0.25	0.059	0.351	0.472	0.737	0.003	0.017	0.035	0.174
0.30	0.053	0.324	0.439	0.713	0.003	0.014	0.028	0.140
0.35	0.048	0.301	0.411	0.688	0.002	0.012	0.023	0.116
0.40	0.044	0.282	0.386	0.662	0.002	0.010	0.020	0.098
0.45	0.041	0.265	0.365	0.637	0.002	0.008	0.017	0.084
0.50	0.038	0.250	0.345	0.613	0.001	0.007	0.014	0.072
0.55	0.035	0.236	0.327	0.589	0.001	0.006	0.013	0.063
0.60	0.033	0.223	0.310	0.566	0.001	0.005	0.011	0.055
0.65	0.031	0.211	0.294	0.543	0.001	0.005	0.010	0.048
0.70	0.029	0.200	0.279	0.520	0.001	0.004	0.008	0.042
0.75	0.027	0.189	0.264	0.497	0.001	0.004	0.007	0.036
0.80	0.025	0.177	0.248	0.473	0.001	0.003	0.006	0.031
0.85	0.023	0.165	0.232	0.446	0.001	0.003	0.005	0.026
0.90	0.021	0.152	0.215	0.417	0.000	0.002	0.004	0.022
0.95	0.018	0.136	0.193	0.379	0.000	0.002	0.003	0.017

TABELA A11: VALORES (W^*) DAS EXTENSÕES DE JANELA DE OPORTUNIDADES QUE IGUALAM OS VALORES ESPERADOS DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS *SET-BASED* E *POINT-BASED*, DE UM PRODUTO DE COMPONENTE ÚNICO.

p	W^* ($cR=.001$)	W^* ($cR=.005$)	W^* ($cR=.01$)	W^* ($cR=.05$)
0.020	329.865	119.443	77.615	
0.040	265.598	90.524	59.111	
0.050	249.142	82.811	53.945	
0.060	236.789	77.049	50.008	18.548
0.080	218.866	68.873	44.311	16.358
0.100	205.971	63.223	40.304	14.879
0.150	183.918	54.196	33.848	12.432
0.200	168.662	48.473	29.803	10.812
0.250	156.601	44.239	26.882	9.597
0.300	146.318	40.811	24.579	8.649
0.350	137.113	37.868	22.648	7.855
0.400	128.586	35.233	20.956	7.176
0.450	120.481	32.801	19.422	6.577
0.500	112.616	30.498	17.993	6.029
0.550	104.852	28.273	16.631	5.533
0.600	97.067	26.084	15.307	5.049
0.650	89.144	23.893	13.997	4.595
0.700	80.959	21.662	12.675	4.147
0.750	72.361	19.349	11.316	3.697
0.800	63.146	16.897	9.888	3.246
0.850	53.004	14.226	8.341	2.754
0.900	41.376	11.187	6.593	2.232
0.950	26.945	7.434	4.443	1.583
0.980	15.121	4.350	2.681	

TABELA A12: VALOR ESPERADO MÁXIMO ($E^*(L_{ss}/R)$) E DESVIO-PADRÃO ($DP^*(L_{ss}/R)$) DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELO SET-BASED CONTINUADO EM VÁRIOS CICLOS, DE UM PRODUTO DE COMPONENTE ÚNICO, ALÉM DO RISCO (RISCO*(SS)) DE O PROCESSO TERMINAR, PELO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO, SEM QUE SE TENHA OBTIDO O SUCESSO. RELAÇÃO $c/R=0,001$.

c/R	P	$E^*(L_{ss}/R);$ (w=1)	$E^*(L_{ss}/R);$ (w=5)	$E^*(L_{ss}/R);$ (w=10)	$E^*(L_{ss}/R);$ (w=50)	$DP^*(L_{ss}/R)$ (w=1)	$DP^*(L_{ss}/R)$ (w=5)	$DP^*(L_{ss}/R)$ (w=10)	$DP^*(L_{ss}/R)$ (w=50)	Risco*(SS) (w=1)	Risco*(SS) (w=5)	Risco*(SS) (w=10)	Risco*(SS) (w=50)
0.001	0.050	0.904	0.918	0.920	0.921	0.138	0.039	0.025	0.014	0.014	0.019	0.000	0.000
0.001	0.100	0.946	0.953	0.954	0.955	0.097	0.024	0.014	0.006	0.006	0.009	0.000	0.000
0.001	0.150	0.963	0.967	0.968	0.968	0.078	0.018	0.010	0.004	0.004	0.006	0.000	0.000
0.001	0.200	0.971	0.975	0.975	0.976	0.067	0.015	0.008	0.003	0.003	0.004	0.000	0.000
0.001	0.250	0.977	0.980	0.980	0.980	0.059	0.013	0.007	0.002	0.002	0.003	0.000	0.000
0.001	0.300	0.981	0.983	0.983	0.983	0.053	0.011	0.006	0.002	0.002	0.003	0.000	0.000
0.001	0.350	0.984	0.985	0.986	0.986	0.048	0.010	0.005	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000
0.001	0.400	0.986	0.987	0.988	0.988	0.044	0.009	0.005	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000
0.001	0.450	0.988	0.989	0.989	0.989	0.041	0.009	0.005	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000
0.001	0.500	0.989	0.990	0.990	0.991	0.038	0.008	0.004	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
0.001	0.550	0.990	0.991	0.991	0.992	0.035	0.007	0.004	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
0.001	0.600	0.991	0.992	0.992	0.993	0.033	0.007	0.004	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
0.001	0.650	0.992	0.993	0.993	0.993	0.031	0.006	0.003	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
0.001	0.700	0.993	0.994	0.994	0.994	0.029	0.006	0.003	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
0.001	0.750	0.994	0.995	0.995	0.995	0.027	0.006	0.003	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
0.001	0.800	0.995	0.995	0.995	0.995	0.025	0.005	0.003	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
0.001	0.850	0.995	0.996	0.996	0.996	0.023	0.005	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
0.001	0.900	0.996	0.997	0.997	0.997	0.021	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.001	0.950	0.997	0.997	0.997	0.997	0.018	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

TABELA A13: VALOR ESPERADO MÁXIMO ($E^*(L_{ss}/R)$) E DESVIO-PADRÃO ($DP^*(L_{ss}/R)$) DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELO SET-BASED CONTINUADO EM VÁRIOS CICLOS, DE UM PRODUTO DE COMPONENTE ÚNICO, ALÉM DO RISCO (RISCO*(SS)) DE O PROCESSO TERMINAR, PELO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO, SEM QUE SE TENHA OBTIDO O SUCESSO. RELAÇÃO $c/R=0,005$.

c/R	P	$E^*(L_{ss}/R);$ (w=1)	$E^*(L_{ss}/R);$ (w=5)	$E^*(L_{ss}/R);$ (w=10)	$E^*(L_{ss}/R);$ (w=50)	$DP^*(L_{ss}/R)$ (w=1)	$DP^*(L_{ss}/R)$ (w=5)	$DP^*(L_{ss}/R)$ (w=10)	$DP^*(L_{ss}/R)$ (w=50)	Risco*(SS) (w=1)	Risco*(SS) (w=5)	Risco*(SS) (w=10)	Risco*(SS) (w=50)
0.005	0.050	0.676	0.728	0.739	0.747	0.297	0.145	0.111	0.085	0.097	0.000	0.000	0.000
0.005	0.100	0.808	0.839	0.843	0.847	0.213	0.078	0.055	0.037	0.047	0.000	0.000	0.000
0.005	0.150	0.862	0.883	0.886	0.889	0.173	0.055	0.037	0.023	0.031	0.000	0.000	0.000
0.005	0.200	0.892	0.908	0.911	0.912	0.148	0.043	0.028	0.016	0.022	0.000	0.000	0.000
0.005	0.250	0.912	0.925	0.927	0.928	0.131	0.036	0.023	0.012	0.017	0.000	0.000	0.000
0.005	0.300	0.926	0.937	0.938	0.939	0.118	0.031	0.019	0.010	0.014	0.000	0.000	0.000
0.005	0.350	0.937	0.945	0.947	0.947	0.107	0.027	0.016	0.008	0.012	0.000	0.000	0.000
0.005	0.400	0.945	0.952	0.953	0.954	0.098	0.024	0.014	0.007	0.010	0.000	0.000	0.000
0.005	0.450	0.952	0.958	0.959	0.959	0.091	0.022	0.013	0.006	0.008	0.000	0.000	0.000
0.005	0.500	0.957	0.963	0.963	0.964	0.085	0.020	0.012	0.005	0.007	0.000	0.000	0.000
0.005	0.550	0.962	0.967	0.967	0.968	0.079	0.018	0.010	0.004	0.006	0.000	0.000	0.000
0.005	0.600	0.966	0.970	0.971	0.971	0.074	0.017	0.010	0.004	0.005	0.000	0.000	0.000
0.005	0.650	0.970	0.973	0.974	0.974	0.069	0.016	0.009	0.003	0.005	0.000	0.000	0.000
0.005	0.700	0.973	0.976	0.977	0.977	0.064	0.014	0.008	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000
0.005	0.750	0.976	0.979	0.979	0.980	0.060	0.013	0.007	0.002	0.004	0.000	0.000	0.000
0.005	0.800	0.979	0.981	0.982	0.982	0.056	0.012	0.007	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000
0.005	0.850	0.982	0.984	0.984	0.984	0.051	0.011	0.006	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000
0.005	0.900	0.985	0.986	0.986	0.987	0.047	0.010	0.005	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000
0.005	0.950	0.988	0.989	0.989	0.989	0.041	0.009	0.005	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000

TABELA A14: VALOR ESPERADO MÁXIMO ($E^*(L_{ss}/R)$) E DESVIO-PADRÃO ($DP^*(L_{ss}/R)$) DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELO SET-BASED CONTINUADO EM VÁRIOS CICLOS, DE UM PRODUTO DE COMPONENTE ÚNICO, ALÉM DO RISCO (RISCO*(SS)) DE O PROCESSO TERMINAR, PELO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO, SEM QUE SE TENHA OBTIDO O SUCESSO. RELAÇÃO $c/R=0,01$.

c/R	P	$E^*(L_{ss}/R);$ (w=1)	$E^*(L_{ss}/R);$ (w=5)	$E^*(L_{ss}/R);$ (w=10)	$E^*(L_{ss}/R);$ (w=50)	$DP^*(L_{ss}/R)$ (w=1)	$DP^*(L_{ss}/R)$ (w=5)	$DP^*(L_{ss}/R)$ (w=10)	$DP^*(L_{ss}/R)$ (w=50)	Risco*(SS) (w=1)	Risco*(SS) (w=5)	Risco*(SS) (w=10)	Risco*(SS) (w=50)
0.010	0.050	0.486	0.560	0.583	0.600	0.396	0.277	0.225	0.184	0.195	0.008	0.000	0.000
0.010	0.100	0.682	0.733	0.743	0.751	0.293	0.141	0.108	0.082	0.095	0.000	0.000	0.000
0.010	0.150	0.767	0.805	0.811	0.816	0.240	0.097	0.071	0.050	0.062	0.000	0.000	0.000
0.010	0.200	0.816	0.845	0.850	0.853	0.207	0.074	0.052	0.035	0.045	0.000	0.000	0.000
0.010	0.250	0.848	0.872	0.876	0.878	0.183	0.060	0.041	0.026	0.035	0.000	0.000	0.000
0.010	0.300	0.872	0.891	0.894	0.896	0.165	0.051	0.034	0.021	0.028	0.000	0.000	0.000
0.010	0.350	0.889	0.906	0.908	0.910	0.151	0.044	0.029	0.017	0.023	0.000	0.000	0.000
0.010	0.400	0.903	0.918	0.919	0.921	0.139	0.039	0.025	0.014	0.020	0.000	0.000	0.000
0.010	0.450	0.915	0.927	0.929	0.930	0.128	0.035	0.022	0.012	0.017	0.000	0.000	0.000
0.010	0.500	0.924	0.935	0.937	0.938	0.119	0.032	0.019	0.010	0.014	0.000	0.000	0.000
0.010	0.550	0.933	0.942	0.943	0.944	0.111	0.029	0.017	0.008	0.013	0.000	0.000	0.000
0.010	0.600	0.940	0.948	0.949	0.950	0.104	0.026	0.016	0.007	0.011	0.000	0.000	0.000
0.010	0.650	0.946	0.953	0.954	0.955	0.097	0.024	0.014	0.006	0.010	0.000	0.000	0.000
0.010	0.700	0.952	0.958	0.959	0.960	0.091	0.022	0.013	0.005	0.008	0.000	0.000	0.000
0.010	0.750	0.957	0.963	0.963	0.964	0.085	0.020	0.012	0.005	0.007	0.000	0.000	0.000
0.010	0.800	0.962	0.967	0.968	0.968	0.079	0.018	0.010	0.004	0.006	0.000	0.000	0.000
0.010	0.850	0.967	0.971	0.972	0.972	0.072	0.017	0.009	0.003	0.005	0.000	0.000	0.000
0.010	0.900	0.972	0.975	0.976	0.976	0.066	0.015	0.008	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000
0.010	0.950	0.978	0.980	0.981	0.981	0.058	0.013	0.007	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000

TABELA A15: VALOR ESPERADO MÁXIMO ($E^*(L_{ss}/R)$) E DESVIO-PADRÃO ($DP^*(L_{ss}/R)$) DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELO SET-BASED CONTINUADO EM VÁRIOS CICLOS, DE UM PRODUTO DE COMPONENTE ÚNICO, ALÉM DO RISCO ($RISCO^*(SS)$) DE O PROCESSO TERMINAR, PELO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO, SEM QUE SE TENHA OBTIDO O SUCESSO. RELAÇÃO $c/R=0,05$.

c/R	P	$E^*(L_{ss}/R);$ (w=1)	$E^*(L_{ss}/R);$ (w=5)	$E^*(L_{ss}/R);$ (w=10)	$E^*(L_{ss}/R);$ (w=50)	$DP^*(L_{ss}/R)$ (w=1)	$DP^*(L_{ss}/R)$ (w=5)	$DP^*(L_{ss}/R)$ (w=10)	$DP^*(L_{ss}/R)$ (w=50)	Risco*(SS) (w=1)	Risco*(SS) (w=5)	Risco*(SS) (w=10)	Risco*(SS) (w=50)
0.050	0.100	0.1717	0.2125	0.2564	0.3137	0.499	0.544	0.546	0.484	0.475	0.223	0.080	0.000
0.050	0.150	0.3297	0.4017	0.4388	0.4691	0.462	0.416	0.362	0.304	0.308	0.047	0.004	0.000
0.050	0.200	0.4408	0.5167	0.5431	0.5632	0.417	0.315	0.259	0.215	0.224	0.013	0.000	0.000
0.050	0.250	0.5221	0.5936	0.6133	0.6282	0.379	0.248	0.199	0.162	0.174	0.005	0.000	0.000
0.050	0.300	0.5844	0.6496	0.6649	0.6768	0.347	0.203	0.160	0.128	0.140	0.002	0.000	0.000
0.050	0.350	0.6340	0.6928	0.7052	0.7148	0.320	0.170	0.132	0.103	0.116	0.001	0.000	0.000
0.050	0.400	0.6746	0.7275	0.7378	0.7458	0.297	0.145	0.111	0.085	0.098	0.000	0.000	0.000
0.050	0.450	0.7088	0.7563	0.7650	0.7718	0.277	0.126	0.095	0.071	0.084	0.000	0.000	0.000
0.050	0.500	0.7382	0.7808	0.7883	0.7941	0.259	0.111	0.082	0.060	0.072	0.000	0.000	0.000
0.050	0.550	0.7639	0.8021	0.8086	0.8137	0.242	0.098	0.072	0.051	0.063	0.000	0.000	0.000
0.050	0.600	0.7867	0.8210	0.8266	0.8310	0.227	0.087	0.063	0.044	0.055	0.000	0.000	0.000
0.050	0.650	0.8074	0.8381	0.8429	0.8468	0.213	0.078	0.055	0.038	0.048	0.000	0.000	0.000
0.050	0.700	0.8264	0.8538	0.8580	0.8613	0.200	0.070	0.049	0.032	0.042	0.000	0.000	0.000
0.050	0.750	0.8441	0.8684	0.8721	0.8750	0.186	0.062	0.043	0.027	0.036	0.000	0.000	0.000
0.050	0.800	0.8611	0.8824	0.8856	0.8881	0.173	0.055	0.037	0.023	0.031	0.000	0.000	0.000
0.050	0.850	0.8778	0.8963	0.8989	0.9010	0.160	0.049	0.032	0.019	0.026	0.000	0.000	0.000
0.050	0.900	0.8951	0.9106	0.9128	0.9146	0.146	0.042	0.027	0.015	0.022	0.000	0.000	0.000
0.050	0.950	0.9150	0.9272	0.9289	0.9302	0.128	0.035	0.022	0.012	0.017	0.000	0.000	0.000

TABELA A16: VALORES (w^*) DAS EXTENSÕES DE JANELA DE OPORTUNIDADES QUE IGUALAM OS VALORES ESPERADOS DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS SET-BASED E POINT-BASED, DE UM PRODUTO DE COMPONENTE ÚNICO E $w^*(SS)$ CONSIDERANDO O SET-BASED CONTINUADO EM VÁRIOS CICLOS, PARA AS RELAÇÕES c/R 0,001, 0,005, 0,01 E 0,05.

p	w^* (SS) (cR=.001)	w^* (SS) (cR=.005)	w^* (SS) (cR=.01)	w^* (SS) (cR=.05)	w^* (cR=.001)	w^* (cR=.005)	w^* (cR=.01)	w^* (cR=.05)
0.020	459.425	225.146			329.865	119.443	77.615	
0.030	390.868	168.501	142.981		265.598	90.524	59.111	
0.040	351.830	141.111	111.122		249.142	82.811	53.945	
0.060	306.292	112.888	82.733	144.547	236.789	77.049	50.008	18.548
0.080	278.873	97.722	68.904	62.733	218.866	68.873	44.311	16.358
0.100	259.632	87.883	60.393	42.653	205.971	63.223	40.304	14.879
0.150	227.773	73.028	48.223	26.112	183.918	54.196	33.848	12.432
0.200	206.553	64.091	41.325	19.842	168.662	48.473	29.803	10.812
0.250	190.260	57.715	36.616	16.331	156.601	44.239	26.882	9.597
0.300	176.693	52.705	33.041	13.990	146.318	40.811	24.579	8.649
0.350	164.785	48.511	30.134	12.268	137.113	37.868	22.648	7.855
0.400	153.934	44.841	27.651	10.913	128.586	35.233	20.956	7.176
0.450	143.767	41.519	25.449	9.794	120.481	32.801	19.422	6.577
0.500	134.023	38.429	23.440	8.836	112.616	30.498	17.993	6.029
0.550	124.506	35.491	21.560	7.985	104.852	28.273	16.631	5.533
0.600	115.054	32.640	19.762	7.213	97.067	26.084	15.307	5.049
0.650	105.516	29.823	18.009	6.496	89.144	23.893	13.997	4.595
0.700	95.735	26.987	16.265	5.810	80.959	21.662	12.675	4.147
0.750	85.528	24.077	14.494	5.142	72.361	19.349	11.316	3.697
0.800	74.652	21.022	12.652	4.473	63.146	16.897	9.888	3.246
0.850	62.740	17.719	10.679	3.777	53.004	14.226	8.341	2.754
0.900	49.134	13.985	8.464	3.020	41.376	11.187	6.593	2.232
0.950	32.275	9.387	5.750	2.116	26.945	7.434	4.443	1.583
0.980	18.411	5.587	3.504	1.146	15.121	4.350	2.681	1.146

TABELA A17: VALORES (W*) DAS EXTENSÕES DE JANELA DE OPORTUNIDADES QUE IGUALAM OS VALORES ESPERADOS DOS RESULTADOS ECONÔMICOS DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS SET-BASED (E*(L_s/R) (AP)) E POINT-BASED (E*(L_p/R) (AP)) DE UM PRODUTO DE COMPONENTE ÚNICO. NÚMERO DE CICLOS (K*(SET)) QUE MAXIMIZA O VALOR ESPERADO DO SET-BASED, ALÉM DOS NÚMEROS DE ALTERNATIVAS (N₁*, N₂*, N₃* E N₄*) CONDUZIDAS AO DESENVOLVIMENTO NOS PRIMEIROS QUATRO CICLOS DO SET-BASED. SÃO TAMBÉM APRESENTADOS OS DESVIOS-PADRÕES (DP*(L_s/R) (AP) E DP*(L_p/R) (AP)), TIME-TO-MARKET (TTM*(SET) E TTM*(POINT)) E OS RISCOS DE O PROCESSO TERMINAR SEM TER CONSEGUIDO SUCESSO (RISCO* (AP) E RISCO(K*) (AP)), PARA AS ABORDAGENS SET-BASED E POINT-BASED COM AS CONDIÇÕES DA FRENTEIRA, CONSIDERANDO OS EFEITOS DO APRENDIZADO E DA POSSIBILIDADE DE O SET-BASED SER REPETIDO EM VÁRIOS CICLOS. RELAÇÃO c/R=0,001.

c/R	P	w* (AP)	k*(SET)	N ₁ *	N ₂ *	N ₃ *	N ₄ *	E*(L _s /R) (AP)	DP*(L _s /R) (AP)	Risco* (AP)	TTM* SET	E*(L _p /R) (AP)	DP*(L _p /R) (AP)	TTM* POINT (AP)	Risco(k*) (AP)
0.1%		368.3	159.0	148.8	228.4	235.1	235.4	0.849	0.011	0.000	1.050	0.849	0.146	49.7	0.001
0.1%	2%	324.2	150.0	112.2	161.9	165.7	165.9	0.887	0.007	0.000	1.033	0.887	0.111	33.3	0.000
0.1%	3%	298.1	144.0	90.9	126.3	128.9	128.9	0.908	0.005	0.000	1.025	0.908	0.090	25.0	0.000
0.1%	4%	266.7	136.0	66.7	88.5	89.9	89.9	0.933	0.003	0.000	1.016	0.933	0.066	16.7	0.000
0.1%	6%	247.2	131.0	53.1	68.3	69.3	69.3	0.947	0.003	0.000	1.012	0.947	0.053	12.5	0.000
0.1%	8%	233.0	128.0	44.2	55.7	56.4	56.4	0.956	0.002	0.000	1.010	0.956	0.045	10.0	0.000
0.1%	10%	208.8	121.0	31.3	38.1	38.5	38.5	0.969	0.001	0.000	1.006	0.969	0.032	6.7	0.000
0.1%	15%	192.0	117.0	24.2	28.8	29.0	29.0	0.976	0.001	0.000	1.004	0.976	0.026	5.0	0.000
0.1%	20%	178.6	115.0	19.7	23.0	23.2	23.1	0.980	0.001	0.000	1.003	0.980	0.021	4.0	0.000
0.1%	25%	167.1	112.0	16.5	19.0	19.1	19.1	0.983	0.001	0.000	1.003	0.983	0.018	3.3	0.000
0.1%	30%	156.9	111.0	14.1	16.0	16.1	16.1	0.986	0.001	0.000	1.002	0.986	0.016	2.9	0.000
0.1%	35%	147.3	109.0	12.2	13.8	13.8	13.8	0.988	0.001	0.000	1.002	0.988	0.014	2.5	0.000
0.1%	40%	138.2	108.0	10.7	12.0	12.0	12.0	0.989	0.001	0.000	1.002	0.989	0.013	2.2	0.000
0.1%	45%	129.4	107.0	9.4	10.5	10.5	10.5	0.991	0.000	0.000	1.001	0.991	0.012	2.0	0.000
0.1%	50%	120.6	107.0	8.4	9.2	9.2	9.2	0.992	0.000	0.000	1.001	0.992	0.011	1.8	0.000
0.1%	55%	111.9	108.0	7.4	8.1	8.2	8.2	0.993	0.000	0.000	1.001	0.993	0.010	1.7	0.000
0.1%	60%	102.9	103.0	6.6	7.2	7.2	7.2	0.993	0.000	0.000	1.001	0.993	0.009	1.5	0.000
0.1%	65%	93.7	94.0	5.9	6.4	6.4	6.4	0.994	0.000	0.000	1.001	0.994	0.009	1.4	0.000
0.1%	70%	83.9	84.0	5.2	5.6	5.6	5.6	0.995	0.000	0.000	1.001	0.995	0.008	1.3	0.000
0.1%	75%	73.5	74.0	4.6	4.9	4.9	4.9	0.995	0.000	0.000	1.001	0.995	0.008	1.3	0.000
0.1%	80%	61.9	62.0	4.0	4.2	4.2	4.2	0.996	0.000	0.000	1.001	0.996	0.008	1.2	0.000
0.1%	85%	48.6	49.0	3.4	3.5	3.5	3.5	0.997	0.000	0.000	1.000	0.997	0.007	1.1	0.000
0.1%	90%	32.1	33.0	2.7	2.8	2.8	2.7	0.997	0.001	0.000	1.000	0.997	0.008	1.1	0.000
0.1%	95%	18.3	19.0	2.1	2.2	2.1	2.1	0.998	0.001	0.000	1.000	0.998	0.008	1.0	0.000
0.1%	98%														

TABELA A18: VALORES (W*) DAS EXTENSÕES DE JANELA DE OPORTUNIDADES QUE IGUALAM OS VALORES ESPERADOS DOS RESULTADOS ECONÔMICOS DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS SET-BASED (E*(L_s/R) (AP)) E POINT-BASED (E*(L_p/R) (AP)) DE UM PRODUTO DE COMPONENTE ÚNICO. NÚMERO DE CICLOS (K*(SET)) QUE MAXIMIZA O VALOR ESPERADO DO SET-BASED, ALÉM DOS NÚMEROS DE ALTERNATIVAS (N₁*, N₂*, N₃* E N₄*) CONDUZIDAS AO DESENVOLVIMENTO NOS PRIMEIROS QUATRO CICLOS DO SET-BASED. SÃO TAMBÉM APRESENTADOS OS DESVIOS-PADRÕES (DP*(L_s/R) (AP) E DP*(L_p/R) (AP)), TIME-TO-MARKET (TTM*(SET) E TTM*(POINT)) E OS RISCOS DE O PROCESSO TERMINAR SEM TER CONSEGUIDO SUCESSO (RISCO* (AP) E RISCO(K*) (AP)), PARA AS ABORDAGENS SET-BASED E POINT-BASED COM AS CONDIÇÕES DA FRONTEIRA, CONSIDERANDO OS EFEITOS DO APRENDIZADO E DA POSSIBILIDADE DE O SET-BASED SER REPETIDO EM VÁRIOS CICLOS. RELAÇÃO c/R=0,005.

c/R	P	W* (AP)	K*(SET)	N ₁ *	N ₂ *	N ₃ *	N ₄ *	E*(L _s /R) (AP)	DP*(L _s /R) (AP)	Risco* (AP)	TTM* SET	E*(L _p /R) (AP)	DP*(L _p /R) (AP)	TTM* POINT (AP)	Risco(K*) (AP)
0.5%		154.0	138.0	69.1	136.3	146.8	147.6	0.607	0.085	0.000	1.26	0.61	0.33	39.89	0.051
0.5%	2%	124.6	116.0	59.3	102.2	107.7	108.0	0.679	0.057	0.000	1.17	0.68	0.28	29.46	0.025
0.5%	3%	109.1	104.0	51.4	82.3	85.8	85.9	0.727	0.043	0.000	1.13	0.73	0.25	23.33	0.013
0.5%	4%	91.9	89.0	40.7	59.8	61.6	61.6	0.788	0.029	0.000	1.08	0.79	0.20	16.28	0.004
0.5%	6%	82.0	81.0	33.7	47.2	48.3	48.3	0.826	0.022	0.000	1.06	0.83	0.17	12.39	0.001
0.5%	8%	75.2	75.0	28.9	39.1	39.9	39.8	0.852	0.017	0.000	1.05	0.85	0.15	9.97	0.000
0.5%	10%	64.6	67.0	21.4	27.4	27.8	27.7	0.891	0.012	0.000	1.03	0.89	0.11	6.66	0.000
0.5%	15%	57.9	60.0	17.0	21.0	21.3	21.2	0.914	0.009	0.000	1.02	0.91	0.09	5.00	0.000
0.5%	20%	52.9	55.0	14.1	17.0	17.1	17.1	0.929	0.007	0.000	1.02	0.93	0.08	4.00	0.000
0.5%	25%	48.8	49.0	12.0	14.1	14.2	14.2	0.939	0.006	0.000	1.01	0.94	0.07	3.33	0.000
0.5%	30%	45.4	48.0	10.3	12.0	12.1	12.0	0.948	0.005	0.000	1.01	0.95	0.06	2.86	0.000
0.5%	35%	42.2	43.0	9.1	10.4	10.4	10.4	0.954	0.005	0.000	1.01	0.95	0.05	2.50	0.000
0.5%	40%	39.4	40.0	8.0	9.1	9.1	9.1	0.960	0.004	0.000	1.01	0.96	0.05	2.22	0.000
0.5%	45%	36.6	37.0	7.1	8.0	8.0	8.0	0.964	0.004	0.000	1.01	0.96	0.04	2.00	0.000
0.5%	50%	34.0	35.0	6.4	7.1	7.1	7.0	0.968	0.004	0.000	1.01	0.97	0.04	1.82	0.000
0.5%	55%	31.4	32.0	5.7	6.3	6.3	6.2	0.971	0.004	0.000	1.01	0.97	0.04	1.67	0.000
0.5%	60%	28.8	29.0	5.1	5.6	5.6	5.5	0.974	0.004	0.000	1.00	0.97	0.03	1.54	0.000
0.5%	65%	26.2	27.0	4.6	4.9	4.9	4.9	0.977	0.003	0.000	1.00	0.98	0.03	1.43	0.000
0.5%	70%	23.5	24.0	4.1	4.4	4.4	4.3	0.980	0.003	0.000	1.00	0.98	0.03	1.33	0.000
0.5%	75%	20.6	21.0	3.6	3.8	3.8	3.8	0.982	0.003	0.000	1.00	0.98	0.03	1.25	0.000
0.5%	80%	17.4	18.0	3.1	3.3	3.3	3.2	0.984	0.004	0.000	1.00	0.98	0.03	1.18	0.000
0.5%	85%	13.8	14.0	2.7	2.8	2.7	2.7	0.987	0.004	0.000	1.00	0.99	0.03	1.11	0.000
0.5%	90%	9.3	10.0	2.1	2.2	2.1	2.1	0.989	0.005	0.000	1.00	0.99	0.03	1.05	0.000
0.5%	95%	5.6	6.0	1.7	1.7	1.6	1.5	0.991	0.007	0.000	1.00	0.99	0.03	1.02	0.000
0.5%	98%														

TABELA A19: VALORES (W*) DAS EXTENSÕES DE JANELA DE OPORTUNIDADES QUE IGUALAM OS VALORES ESPERADOS DOS RESULTADOS ECONÔMICOS DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS SET-BASED (E*(L_s/R) (AP)) E POINT-BASED (E*(L_p/R) (AP)) DE UM PRODUTO DE COMPONENTE ÚNICO. NÚMERO DE CICLOS (K*(SET)) QUE MAXIMIZA O VALOR ESPERADO DO SET-BASED, ALÉM DOS NÚMEROS DE ALTERNATIVAS (N₁*, N₂*, N₃* E N₄*) CONDUZIDAS AO DESENVOLVIMENTO NOS PRIMEIROS QUATRO CICLOS DO SET-BASED. SÃO TAMBÉM APRESENTADOS OS DESVIOS-PADRÕES (DP*(L_s/R) (AP) E DP*(L_p/R) (AP)), TIME-TO-MARKET (TTM*(SET) E TTM*(POINT)) E OS RISCOS DE O PROCESSO TERMINAR SEM TER CONSEGUIDO SUCESSO (RISCO* (AP) E RISCO(K*) (AP)), PARA AS ABORDAGENS SET-BASED E POINT-BASED COM AS CONDIÇÕES DA FRONTEIRA, CONSIDERANDO OS EFEITOS DO APRENDIZADO E DA POSSIBILIDADE DE O SET-BASED SER REPETIDO EM VÁRIOS CICLOS. RELAÇÃO c/R=0,01.

c/R	p	w*(AP)	k*(SET)	N ₁ *	N ₂ *	N ₃ *	N ₄ *	E*(L _s /R) (AP)	DP*(L _s /R) (AP)	Risco* (AP)	TTM* SET	E*(L _p /R) (AP)	DP*(L _p /R) (AP)	TTM* POINT (AP)	Risco(k*) (AP)
1%	1%	133.0	102.0	34.8	91.0	105.9	108.0	0.482	0.189	0.000	1.58	0.48	0.39	34.73	0.090
1%	3%	95.2	80.0	36.6	74.3	81.4	82.0	0.546	0.133	0.000	1.37	0.55	0.36	25.02	0.069
1%	4%	79.3	70.0	34.5	62.1	66.4	66.6	0.600	0.102	0.000	1.27	0.60	0.33	20.32	0.047
1%	6%	63.7	59.0	29.5	46.8	48.9	48.9	0.676	0.069	0.000	1.17	0.68	0.29	14.88	0.023
1%	8%	55.4	53.0	25.4	37.7	39.0	38.9	0.727	0.052	0.000	1.13	0.73	0.25	11.76	0.011
1%	10%	50.0	49.0	22.3	31.7	32.5	32.4	0.763	0.042	0.000	1.10	0.76	0.22	9.66	0.006
1%	15%	41.7	60.0	17.2	22.6	23.0	22.9	0.821	0.029	0.000	1.06	0.82	0.18	6.61	0.001
1%	20%	36.6	39.0	13.9	17.6	17.8	17.7	0.856	0.022	0.000	1.05	0.86	0.15	4.99	0.000
1%	25%	33.0	34.0	11.7	14.3	14.4	14.3	0.880	0.018	0.000	1.04	0.88	0.12	4.00	0.000
1%	30%	30.2	31.0	10.0	12.0	12.1	12.0	0.897	0.015	0.000	1.03	0.90	0.11	3.33	0.000
1%	35%	27.9	30.0	8.7	10.3	10.3	10.2	0.911	0.013	0.000	1.02	0.91	0.10	2.86	0.000
1%	40%	25.8	26.0	7.7	8.9	8.9	8.8	0.921	0.012	0.000	1.02	0.92	0.09	2.50	0.000
1%	45%	23.9	26.0	6.8	7.8	7.8	7.7	0.930	0.011	0.000	1.02	0.93	0.08	2.22	0.000
1%	50%	22.2	23.0	6.1	6.9	6.9	6.8	0.938	0.010	0.000	1.01	0.94	0.07	2.00	0.000
1%	55%	20.5	21.0	5.5	6.1	6.1	6.0	0.944	0.009	0.000	1.01	0.94	0.07	1.82	0.000
1%	60%	18.9	19.0	4.9	5.4	5.4	5.3	0.950	0.009	0.000	1.01	0.95	0.06	1.67	0.000
1%	65%	17.3	18.0	4.4	4.8	4.8	4.7	0.955	0.009	0.000	1.01	0.95	0.06	1.54	0.000
1%	70%	15.7	16.0	4.0	4.3	4.3	4.2	0.959	0.008	0.000	1.01	0.96	0.06	1.43	0.000
1%	75%	14.1	15.0	3.6	3.8	3.8	3.7	0.964	0.008	0.000	1.01	0.96	0.05	1.33	0.000
1%	80%	12.3	13.0	3.2	3.3	3.3	3.2	0.968	0.008	0.000	1.01	0.97	0.05	1.25	0.000
1%	85%	10.5	11.0	2.8	2.9	2.8	2.8	0.972	0.008	0.000	1.01	0.97	0.05	1.18	0.000
1%	90%	8.3	9.0	2.4	2.4	2.4	2.3	0.976	0.009	0.000	1.00	0.98	0.04	1.11	0.000
1%	95%	5.7	6.0	1.9	1.9	1.9	1.7	0.980	0.011	0.000	1.00	0.98	0.04	1.05	0.000
1%	98%	3.5	4.0	1.5	1.5	1.3	1.0	0.984	0.015	0.000	1.00	0.98	0.04	1.02	0.000

TABELA A20: VALORES (W*) DAS EXTENSÕES DE JANELA DE OPORTUNIDADES QUE IGUALAM OS VALORES ESPERADOS DOS RESULTADOS ECONÔMICOS DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS SET-BASED (E*(L_s/R) (AP)) E POINT-BASED (E*(L_p/R) (AP)) DE UM PRODUTO DE COMPONENTE ÚNICO. NÚMERO DE CICLOS (K*(SET)) QUE MAXIMIZA O VALOR ESPERADO DO SET-BASED, ALÉM DOS NÚMEROS DE ALTERNATIVAS (N₁*, N₂*, N₃* E N₄*) CONDUZIDAS AO DESENVOLVIMENTO NOS PRIMEIROS QUATRO CICLOS DO SET-BASED. SÃO TAMBÉM APRESENTADOS OS DESVIOS-PADRÕES (DP*(L_s/R) (AP) E DP*(L_p/R) (AP)), TIME-TO-MARKET (TTM*(SET) E TTM*(POINT)) E OS RISCOS DE O PROCESSO TERMINAR SEM TER CONSEGUIDO SUCESSO (RISCO* (AP) E RISCO(K*) (AP)), PARA AS ABORDAGENS SET-BASED E POINT-BASED COM AS CONDIÇÕES DA FRENTEIRA, CONSIDERANDO OS EFEITOS DO APRENDIZADO E DA POSSIBILIDADE DE O SET-BASED SER REPETIDO EM VÁRIOS CICLOS. RELAÇÃO $\alpha/R=0,05$.

c/R	P	w* (AP)	k*(SET)	N ₁ *	N ₂ *	N ₃ *	N ₄ *	E*(L _s /R) (AP)	DP*(L _s /R) (AP)	Risco* (AP)	TTM* SET	E*(L _p /R) (AP)	DP*(L _p /R) (AP)	TTM*- POINT (AP)	Risco(k*) (AP)
5%	6%	46.22	22.00	3.44	9.52	14.46	16.26	0.2811	0.4467	0.0000	2.55	0.28	0.46	10.49	0.1220
5%	8%	34.41	21.00	6.13	12.78	15.25	15.56	0.3588	0.3492	0.0000	1.89	0.36	0.44	8.58	0.0968
5%	10%	27.53	19.00	7.07	12.70	14.12	14.07	0.4130	0.2894	0.0000	1.64	0.41	0.42	7.08	0.0886
5%	15%	19.60	16.00	7.25	10.86	11.31	11.04	0.5138	0.2036	0.0000	1.37	0.51	0.39	5.34	0.0536
5%	20%	15.92	15.00	6.70	9.16	9.30	8.98	0.5855	0.1580	0.0000	1.26	0.59	0.35	4.30	0.0352
5%	25%	13.64	13.00	6.08	7.84	7.84	7.52	0.6394	0.1298	0.0000	1.19	0.64	0.32	3.60	0.0238
5%	30%	12.02	22.00	5.51	6.81	6.73	6.42	0.6818	0.1108	0.0000	1.15	0.68	0.29	3.12	0.0138
5%	35%	10.76	13.00	5.00	5.98	5.86	5.56	0.7161	0.0972	0.0000	1.13	0.72	0.27	2.74	0.0088
5%	40%	9.73	12.00	4.55	5.29	5.15	4.86	0.7448	0.0871	0.0000	1.10	0.74	0.25	2.42	0.0060
5%	45%	8.85	11.00	4.15	4.72	4.56	4.27	0.7692	0.0793	0.0000	1.09	0.77	0.23	2.17	0.0046
5%	50%	8.07	9.00	3.79	4.22	4.05	3.77	0.7905	0.0732	0.0000	1.08	0.79	0.22	1.96	0.0039
5%	55%	7.37	10.00	3.47	3.79	3.61	3.33	0.8092	0.0684	0.0000	1.07	0.81	0.20	1.80	0.0017
5%	60%	6.71	7.00	3.17	3.40	3.22	2.94	0.8261	0.0646	0.0000	1.06	0.83	0.19	1.65	0.0016
5%	65%	6.09	7.00	2.90	3.06	2.86	2.58	0.8415	0.0617	0.0000	1.05	0.84	0.18	1.52	0.0018
5%	70%	5.49	6.00	2.64	2.74	2.54	2.23	0.8557	0.0595	0.0000	1.04	0.86	0.17	1.42	0.0007
5%	75%	4.89	5.00	2.40	2.43	2.22	1.90	0.8691	0.0582	0.0000	1.04	0.87	0.16	1.33	0.0010
5%	80%	4.28	5.00	2.16	2.15	1.92	1.54	0.8820	0.0577	0.0000	1.03	0.88	0.15	1.25	0.0003
5%	85%	3.64	4.00	1.92	1.86	1.60	1.08	0.8947	0.0587	0.0000	1.03	0.89	0.14	1.17	0.0005
5%	90%	2.93	3.00	1.66	1.55	1.22	0.10	0.9077	0.0620	0.0000	1.02	0.91	0.13	1.11	0.0010
5%	95%	2.06	3.00	1.37	1.18	0.21	0.93	0.9224	0.0718	0.0000	1.02	0.92	0.12	1.05	0.0025
5%	98%	1.32	2.00	1.11	0.76	0.92	0.00	0.9340	0.0906	0.0000	1.01	0.93	0.11	1.02	0.0004

TABELA A23: VALORES ESPERADOS MÁXIMOS ($E^*(L_s/R)$) DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM SET-BASED, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES A E B E RESPECTIVOS NÚMEROS ÓTIMOS (N_A^* E N_B^*) DE ALTERNATIVAS QUE O MAXIMIZAM PARA PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ DADA A RELAÇÃO $c/R=0,01$.

P	N_A^*		N_B^*		N_A^*		N_B^*		N_A^*		N_B^*		$E^*(L_s/R)$		$E^*(L_s/R)$		$E^*(L_s/R)$	
	$p_A=10\%$ $p_B=10\%$	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$	$p_A=50\%$ $p_B=80\%$	$p_A=50\%$ $p_B=80\%$	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$	$p_A=10\%$ $p_B=10\%$	$p_A=10\%$ $p_B=50\%$	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$	$p_A=50\%$ $p_B=80\%$	$p_A=50\%$ $p_B=80\%$	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$
0.05		16.00	10.00	11.00	30.00	20.00	0.61						0.75			0.32		
0.10		13.00	8.00	8.00	27.00	15.00	0.70						0.82			0.44		
0.15	32.00	11.00	7.00	7.00	26.00	12.00	0.74	0.03					0.84			0.50		
0.20	30.00	10.00	6.00	6.00	25.00	10.00	0.77	0.10					0.86			0.53		
0.25	29.00	9.00	5.00	5.00	24.00	9.00	0.79	0.16					0.87			0.56		
0.30	28.00	8.00	5.00	5.00	24.00	8.00	0.80	0.20					0.88			0.57		
0.35	27.00	8.00	5.00	5.00	24.00	7.00	0.81	0.23					0.89			0.58		
0.40	26.00	8.00	4.00	4.00	24.00	6.00	0.82	0.25					0.90			0.59		
0.45	25.00	7.00	4.00	4.00	23.00	6.00	0.82	0.28					0.90			0.60		
0.50	25.00	7.00	4.00	4.00	23.00	5.00	0.83	0.29					0.91			0.61		
0.55	24.00	7.00	4.00	4.00	23.00	5.00	0.83	0.31					0.91			0.62		
0.60	24.00	7.00	4.00	4.00	23.00	5.00	0.84	0.32					0.91			0.62		
0.65	23.00	7.00	4.00	4.00	23.00	5.00	0.84	0.33					0.91			0.62		
0.70	23.00	7.00	3.00	4.00	23.00	4.00	0.84	0.34					0.91			0.63		
0.75	23.00	6.00	3.00	4.00	23.00	4.00	0.84	0.35					0.92			0.63		
0.80	22.00	6.00	3.00	4.00	23.00	4.00	0.84	0.35					0.92			0.63		
0.85	22.00	6.00	3.00	3.00	23.00	4.00	0.84	0.35					0.92			0.64		
0.90	22.00	6.00	3.00	3.00	23.00	3.00	0.85	0.36					0.92			0.64		
0.95	21.00	6.00	3.00	3.00	22.00	3.00	0.85	0.37					0.92			0.64		
					22.00	3.00	0.85	0.37					0.92			0.64		

TABELA A24: VALORES ESPERADOS MÁXIMOS ($E^*(L_s/R)$) DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM SET-BASED, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES A E B E RESPECTIVOS NÚMEROS ÓTIMOS (N_A^* E N_B^*) DE ALTERNATIVAS QUE O MAXIMIZAM PARA PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ DADA A RELAÇÃO $c/R=0,05$.

p	N_A^*		N_B^*		$E^*(L_s/R)$		$E^*(L_s/R)$		$E^*(L_s/R)$	
	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$	$p_A=10\%$ $p_B=10\%$	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$
0.05		7.00		7.00					0.08	
0.10		6.00		5.00					0.29	
0.15		5.00		5.00		0.03			0.40	
0.20	6.00	6.00	6.00	4.00	0.10	0.17			0.46	
0.25	6.00	6.00	5.00	4.00	0.16	0.22			0.51	
0.30	5.00	5.00	5.00	4.00	0.20	0.27			0.54	
0.35	5.00	5.00	5.00	3.00	0.23	0.31			0.57	
0.40	5.00	5.00	5.00	3.00	0.25	0.34			0.59	
0.45	5.00	5.00	5.00	3.00	0.28	0.36			0.61	
0.50	5.00	5.00	5.00	3.00	0.29	0.38			0.63	
0.55	4.00	5.00	5.00	3.00	0.31	0.39			0.65	
0.60	4.00	4.00	4.00	3.00	0.32	0.41			0.66	
0.65	4.00	4.00	4.00	3.00	0.33	0.43			0.66	
0.70	4.00	4.00	4.00	3.00	0.34	0.44			0.67	
0.75	4.00	4.00	4.00	2.00	0.35	0.45			0.68	0.01
0.80	4.00	4.00	4.00	2.00	0.35	0.46			0.69	0.02
0.85	4.00	4.00	4.00	2.00	0.36	0.46			0.70	0.03
0.90	4.00	4.00	4.00	2.00	0.37	0.47			0.71	0.04
0.95	4.00	4.00	4.00	2.00	0.37	0.48			0.72	0.04

TABELA A25: VALORES ESPERADOS MÁXIMOS ($E^*(L_p/R)$) DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM POINT-BASED, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES A E B, PARA PROJETOS CUJAS ALTERNATIVAS APRESENTAM PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,001$, DEFRONTANDO EXTENSÕES (w) DE JANELAS DE OPORTUNIDADES DE VALORES 5 E 50.

P	$E^*(L_p/R)$		$E^*(L_p/R)$		$E^*(L_p/R)$		$E^*(L_p/R)$		$E^*(L_p/R)$		$E^*(L_p/R)$	
	$p_A=10\%$; $p_B=10\%$ $w=5$	$p_A=10\%$; $p_B=10\%$ $w=50$	$p_A=50\%$; $p_B=50\%$ $w=5$	$p_A=50\%$; $p_B=50\%$ $w=50$	$p_A=80\%$; $p_B=80\%$ $w=5$	$p_A=80\%$; $p_B=80\%$ $w=50$	$p_A=10\%$; $p_B=80\%$ $w=5$	$p_A=10\%$; $p_B=80\%$ $w=50$	$p_A=80\%$; $p_B=80\%$ $w=5$	$p_A=80\%$; $p_B=80\%$ $w=50$	$p_A=10\%$; $p_B=80\%$ $w=5$	$p_A=10\%$; $p_B=80\%$ $w=50$
0.050		0.204	0.111	0.825	0.261	0.898	0.031	0.639	0.898	0.031	0.639	
0.100	0.001	0.348	0.204	0.876	0.423	0.931	0.065	0.719	0.931	0.065	0.719	
0.150	0.006	0.433	0.278	0.899	0.527	0.945	0.093	0.751	0.945	0.093	0.751	
0.200	0.011	0.490	0.338	0.913	0.599	0.954	0.118	0.767	0.954	0.118	0.767	
0.250	0.015	0.531	0.387	0.922	0.651	0.960	0.139	0.777	0.960	0.139	0.777	
0.300	0.020	0.561	0.428	0.929	0.692	0.965	0.156	0.784	0.965	0.156	0.784	
0.350	0.024	0.586	0.463	0.935	0.724	0.968	0.171	0.788	0.968	0.171	0.788	
0.400	0.029	0.605	0.494	0.939	0.750	0.971	0.184	0.791	0.971	0.184	0.791	
0.450	0.033	0.621	0.520	0.943	0.773	0.973	0.196	0.793	0.973	0.196	0.793	
0.500	0.037	0.634	0.543	0.946	0.792	0.976	0.205	0.795	0.976	0.205	0.795	
0.550	0.041	0.646	0.564	0.948	0.809	0.977	0.213	0.796	0.977	0.213	0.796	
0.600	0.045	0.655	0.582	0.951	0.824	0.979	0.220	0.797	0.979	0.220	0.797	
0.650	0.048	0.664	0.598	0.953	0.837	0.980	0.226	0.798	0.980	0.226	0.798	
0.700	0.052	0.671	0.612	0.954	0.849	0.982	0.231	0.798	0.982	0.231	0.798	
0.750	0.056	0.677	0.626	0.956	0.860	0.983	0.235	0.799	0.983	0.235	0.799	
0.800	0.059	0.682	0.637	0.957	0.871	0.984	0.239	0.799	0.984	0.239	0.799	
0.850	0.062	0.687	0.648	0.958	0.880	0.985	0.242	0.800	0.985	0.242	0.800	
0.900	0.065	0.691	0.658	0.959	0.889	0.986	0.244	0.800	0.986	0.244	0.800	
0.950	0.069	0.695	0.666	0.960	0.898	0.987	0.247	0.800	0.987	0.247	0.800	

TABELA A26: VALORES ESPERADOS MÁXIMOS ($E^*(L_p/R)$) DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM POINT-BASED, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES A E B, PARA PROJETOS CUJAS ALTERNATIVAS APRESENTAM PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,01$, DEFRONTANDO EXTENSÕES (w) DE JANELAS DE OPORTUNIDADES DE VALORES 5 E 50.

P	$E^*(L_p/R)$		$E^*(L_p/R)$		$E^*(L_p/R)$		$E^*(L_p/R)$		$E^*(L_p/R)$	
	$p_A=10\%$ $p_B=10\%$ $w=50$	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$ $w=5$	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$ $w=50$	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ $w=5$	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ $w=50$	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ $w=5$	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ $w=50$	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ $w=5$	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ $w=50$	
0.050		0.027	0.665	0.185	0.799		0.328			
0.100		0.125	0.759	0.357	0.858		0.474			
0.150		0.203	0.800	0.469	0.884	0.013	0.532			
0.200	0.068	0.267	0.825	0.546	0.900	0.036	0.562			
0.250	0.138	0.319	0.842	0.603	0.911	0.057	0.579			
0.300	0.191	0.364	0.855	0.647	0.919	0.075	0.591			
0.350	0.234	0.401	0.865	0.682	0.926	0.092	0.599			
0.400	0.268	0.434	0.873	0.710	0.931	0.105	0.604			
0.450	0.297	0.462	0.879	0.735	0.935	0.117	0.608			
0.500	0.321	0.487	0.885	0.755	0.939	0.127	0.611			
0.550	0.341	0.509	0.890	0.774	0.942	0.136	0.613			
0.600	0.359	0.528	0.894	0.790	0.945	0.143	0.615			
0.650	0.374	0.546	0.897	0.805	0.948	0.150	0.617			
0.700	0.387	0.562	0.901	0.818	0.951	0.155	0.618			
0.750	0.398	0.576	0.903	0.830	0.953	0.160	0.619			
0.800	0.408	0.588	0.906	0.841	0.955	0.164	0.619			
0.850	0.416	0.600	0.908	0.852	0.957	0.167	0.620			
0.900	0.424	0.610	0.910	0.862	0.958	0.170	0.621			
0.950	0.430	0.620	0.912	0.871	0.960	0.172	0.621			

TABELA A27: VALORES ESPERADOS MÁXIMOS ($E^*(L_p/R)$) DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM POINT-BASED, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES A E B, PARA PROJETOS CUJAS ALTERNATIVAS APRESENTAM PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,05$, DEFRONTANDO EXTENSÕES (w) DE JANELAS DE OPORTUNIDADES DE VALORES 5 E 50.

p	$E^*(L_p/R)$		$E^*(L_p/R)$		$E^*(L_p/R)$		$E^*(L_p/R)$		$E^*(L_p/R)$	
	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$ w=5	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$ w=50	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=50	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=50	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=50	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=50
0.050							0.031		0.639	
0.100		0.236	0.072	0.533		0.065	0.719		0.719	
0.150		0.361	0.210	0.612		0.093	0.751		0.751	
0.200		0.436	0.312	0.660		0.118	0.767		0.767	
0.250	0.033	0.487	0.388	0.693		0.139	0.777		0.777	
0.300	0.086	0.525	0.447	0.717		0.156	0.784		0.784	
0.350	0.131	0.555	0.494	0.737		0.171	0.788		0.788	
0.400	0.171	0.578	0.533	0.753		0.184	0.791		0.791	
0.450	0.207	0.598	0.566	0.766		0.196	0.793		0.793	
0.500	0.238	0.615	0.594	0.777		0.205	0.795		0.795	
0.550	0.266	0.629	0.619	0.787		0.213	0.796		0.796	
0.600	0.292	0.641	0.641	0.796		0.220	0.797		0.797	
0.650	0.315	0.652	0.661	0.804		0.226	0.798		0.798	
0.700	0.336	0.662	0.679	0.812		0.231	0.798		0.798	
0.750	0.354	0.670	0.696	0.818		0.235	0.799		0.799	
0.800	0.371	0.677	0.711	0.824		0.239	0.799		0.799	
0.850	0.387	0.684	0.725	0.830		0.242	0.800		0.800	
0.900	0.401	0.690	0.739	0.835		0.244	0.800		0.800	
0.950	0.414	0.695	0.751	0.840		0.247	0.800		0.800	

TABELA A28: RISCOS DE TERMINAR O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM POINT-BASED, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES A E B, PELO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO, SEM TER CONSEGUÍDO O SUCESSO, PARA PROJETOS CUJAS ALTERNATIVAS APRESENTAM PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,001$, DEFRENTANDO EXTENSÕES (w) DE JANELAS DE OPORTUNIDADES DE VALORES 5 E 50.

P	Risco(k*)		Risco(k*)		Risco(k*)		Risco(k*)		Risco(k*)		Risco(k*)	
	$p_A=10\%$ $p_B=10\%$ w=5	$p_A=10\%$ $p_B=10\%$ w=50	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$ w=5	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$ w=50	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=50	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=50	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=50		
0.050		0.383	0.741	0.000	0.456	0.000	0.911	0.012				
0.100	0.985	0.179	0.564	0.000	0.214	0.000	0.841	0.006				
0.150	0.965	0.103	0.438	0.000	0.105	0.000	0.786	0.006				
0.200	0.954	0.066	0.348	0.000	0.053	0.000	0.742	0.006				
0.250	0.944	0.046	0.281	0.000	0.028	0.000	0.707	0.006				
0.300	0.934	0.034	0.231	0.000	0.016	0.000	0.679	0.006				
0.350	0.925	0.027	0.193	0.000	0.009	0.000	0.657	0.006				
0.400	0.916	0.022	0.164	0.000	0.006	0.000	0.640	0.006				
0.450	0.907	0.019	0.141	0.000	0.004	0.000	0.627	0.006				
0.500	0.899	0.017	0.123	0.000	0.002	0.000	0.617	0.006				
0.550	0.891	0.015	0.109	0.000	0.002	0.000	0.609	0.006				
0.600	0.883	0.014	0.098	0.000	0.001	0.000	0.603	0.006				
0.650	0.876	0.013	0.089	0.000	0.001	0.000	0.599	0.006				
0.700	0.869	0.013	0.082	0.000	0.001	0.000	0.596	0.006				
0.750	0.862	0.012	0.076	0.000	0.001	0.000	0.594	0.006				
0.800	0.856	0.012	0.071	0.000	0.001	0.000	0.593	0.006				
0.850	0.850	0.012	0.068	0.000	0.001	0.000	0.592	0.006				
0.900	0.844	0.012	0.065	0.000	0.001	0.000	0.591	0.006				
0.950	0.838	0.011	0.063	0.000	0.001	0.000	0.591	0.006				

TABELA A29: RISCOS DE TERMINAR O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM POINT-BASED, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES A E B, PELO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO, SEM TER CONSEGUÍDO O SUCESSO, PARA PROJETOS CUJAS ALTERNATIVAS APRESENTAM PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,01$, DEFRENTANDO EXTENSÕES (w) DE JANELAS DE OPORTUNIDADES DE VALORES 5 E 50.

p	Risco(k*)		Risco(k*)		Risco(k*)		Risco(k*)		Risco(k*)		Risco(k*)	
	$p_A=10\%$ $p_B=10\%$ w=50	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$ w=5	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$ w=50	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=50	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=50	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=50			
0.050		0.741	0.000	0.456	0.000				0.028			
0.100		0.564	0.000	0.214	0.000				0.015			
0.150		0.438	0.000	0.105	0.000		0.850		0.014			
0.200	0.178	0.348	0.000	0.053	0.000		0.814		0.013			
0.250	0.116	0.281	0.000	0.028	0.000		0.785		0.013			
0.300	0.092	0.231	0.000	0.016	0.000		0.679		0.013			
0.350	0.068	0.193	0.000	0.009	0.000		0.657		0.013			
0.400	0.058	0.164	0.000	0.006	0.000		0.640		0.013			
0.450	0.045	0.141	0.000	0.004	0.000		0.627		0.013			
0.500	0.040	0.123	0.000	0.002	0.000		0.617		0.013			
0.550	0.036	0.109	0.000	0.002	0.000		0.609		0.013			
0.600	0.034	0.098	0.000	0.001	0.000		0.603		0.013			
0.650	0.032	0.089	0.000	0.001	0.000		0.599		0.013			
0.700	0.030	0.082	0.000	0.001	0.000		0.596		0.015			
0.750	0.029	0.076	0.000	0.001	0.000		0.594		0.015			
0.800	0.028	0.071	0.000	0.001	0.000		0.593		0.015			
0.850	0.027	0.068	0.000	0.001	0.000		0.592		0.015			
0.900	0.027	0.065	0.000	0.001	0.000		0.591		0.015			
0.950	0.030	0.063	0.000	0.001	0.000		0.591		0.015			

TABELA A30: RISCOS DE TERMINAR O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM POINT-BASED, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES A E B, PELO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO, SEM TER CONSEGUÍDO O SUCESSO, PARA PROJETOS CUJAS ALTERNATIVAS APRESENTAM PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,05$, DEFRONTANDO EXTENSÕES (w) DE JANELAS DE OPORTUNIDADES DE VALORES 5 E 50.

P	Risco(k*)		Risco(k*)		Risco(k*)		Risco(k*)	
	$p_A=50\%$; $p_B=50\%$		$p_A=50\%$; $p_B=50\%$		$p_A=80\%$; $p_B=80\%$		$p_A=80\%$; $p_B=80\%$	
	w=5	w=50	w=5	w=50	w=5	w=50	w=5	w=50
0.050								
0.100		0.000		0.000		0.367		0.000
0.150		0.000		0.000		0.105		0.000
0.200		0.000		0.000		0.053		0.000
0.250	0.424	0.000		0.000		0.028		0.000
0.300	0.369	0.000		0.000		0.016		0.000
0.350	0.323	0.000		0.000		0.009		0.000
0.400	0.286	0.000		0.000		0.006		0.000
0.450	0.255	0.000		0.000		0.004		0.000
0.500	0.229	0.000		0.000		0.002		0.000
0.550	0.207	0.000		0.000		0.002		0.000
0.600	0.189	0.000		0.000		0.001		0.000
0.650	0.174	0.000		0.000		0.001		0.000
0.700	0.162	0.000		0.000		0.001		0.000
0.750	0.151	0.000		0.000		0.001		0.000
0.800	0.142	0.000		0.000		0.001		0.000
0.850	0.135	0.000		0.000		0.001		0.000
0.900	0.129	0.000		0.000		0.001		0.000
0.950	0.125	0.000		0.000		0.001		0.000

TABELA A31: DESVIOS-PADRÕES DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM POINT-BASED, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES A E B, PARA PROJETOS CUJAS ALTERNATIVAS APRESENTAM PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,001$, DEFRONTANDO EXTENSÕES (w) DE JANELAS DE OPORTUNIDADES DE VALORES 5 E 50.

p	DP*(L _p /R)		DP*(L _p /R)		DP*(L _p /R)		DP*(L _p /R)		DP*(L _p /R)		DP*(L _p /R)	
	$p_A=10\%$ $p_B=10\%$ w=5	$p_A=10\%$ $p_B=10\%$ w=50	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$ w=5	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$ w=50	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=50	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=50	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=50	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=50
0.050		0.312	0.238	0.102	0.306	0.060		0.148	0.226			
0.100	0.075	0.317	0.292	0.075	0.314	0.043		0.197	0.198			
0.150	0.094	0.303	0.315	0.063	0.294	0.035		0.228	0.192			
0.200	0.107	0.289	0.324	0.056	0.271	0.031		0.250	0.192			
0.250	0.119	0.276	0.327	0.052	0.251	0.028		0.267	0.193			
0.300	0.129	0.266	0.326	0.048	0.233	0.026		0.281	0.194			
0.350	0.138	0.257	0.323	0.046	0.219	0.024		0.292	0.196			
0.400	0.146	0.250	0.319	0.044	0.207	0.023		0.301	0.197			
0.450	0.153	0.245	0.315	0.042	0.197	0.021		0.309	0.198			
0.500	0.160	0.240	0.311	0.041	0.188	0.021		0.316	0.199			
0.550	0.166	0.236	0.308	0.039	0.180	0.020		0.322	0.200			
0.600	0.172	0.233	0.304	0.039	0.174	0.019		0.328	0.200			
0.650	0.178	0.231	0.301	0.038	0.168	0.018		0.333	0.201			
0.700	0.183	0.229	0.298	0.037	0.163	0.018		0.337	0.201			
0.750	0.188	0.227	0.295	0.037	0.158	0.017		0.341	0.201			
0.800	0.192	0.226	0.293	0.037	0.154	0.017		0.345	0.202			
0.850	0.196	0.225	0.292	0.036	0.150	0.016		0.348	0.202			
0.900	0.201	0.225	0.291	0.036	0.147	0.016		0.351	0.202			
0.950	0.204	0.225	0.290	0.036	0.144	0.016		0.354	0.202			

TABELA A32: DESVIOS-PADRÕES DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM POINT-BASED, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES A E B, PARA PROJETOS CUJAS ALTERNATIVAS APRESENTAM PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,01$, DEFRONTANDO EXTENSÕES (w) DE JANELAS DE OPORTUNIDADES DE VALORES 5, 10 E 50. O DESVIO-PADRÃO PARA A JANELA DE EXTENSÃO 10 (W=10) É CALCULADO SOMENTE PARA AS PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$.

P	DP*(L _p /R)		DP*(L _p /R)		DP*(L _p /R)		DP*(L _p /R)		DP*(L _p /R)		DP*(L _p /R)	
	$p_A=10\%$ $p_B=10\%$ w=10	$p_A=10\%$ $p_B=10\%$ w=50	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$ w=5	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$ w=50	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=50	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=50	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=50	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=10\%$ $p_B=80\%$ w=50
0.050		0.253		0.185		0.327		0.108		0.407		
0.100		0.311		0.136		0.337		0.078		0.357		
0.150		0.336		0.115		0.317		0.064		0.346		
0.200	0.500	0.346		0.102		0.293		0.056	0.236	0.260	0.345	
0.250	0.485	0.350		0.094		0.272		0.051	0.260	0.279	0.347	
0.300	0.470	0.349		0.088		0.253		0.047	0.279	0.299	0.350	
0.350	0.458	0.347		0.083		0.238		0.044	0.299	0.311	0.352	
0.400	0.446	0.343		0.079		0.225		0.041	0.311	0.321	0.355	
0.450	0.437	0.339		0.076		0.214		0.039	0.321	0.330	0.356	
0.500	0.429	0.335		0.074		0.204		0.037	0.330	0.337	0.358	
0.550	0.423	0.331		0.072		0.196		0.036	0.337	0.344	0.359	
0.600	0.418	0.328		0.070		0.189		0.034	0.344	0.350	0.360	
0.650	0.414	0.324		0.069		0.183		0.033	0.350	0.355	0.361	
0.700	0.292	0.321		0.068		0.177		0.032	0.355	0.360	0.362	
0.750	0.297	0.319		0.067		0.172		0.031	0.360	0.364	0.363	
0.800	0.303	0.317		0.066		0.168		0.031	0.364	0.368	0.363	
0.850	0.314	0.315		0.066		0.164		0.030	0.368	0.372	0.364	
0.900	0.318	0.314		0.066		0.160		0.029	0.372	0.375	0.364	
0.950	0.322	0.313		0.065		0.157		0.029	0.375	0.378	0.364	

TABELA A33: DESVIOS-PADRÕES DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELA ABORDAGEM POINT-BASED, DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES A E B, PARA PROJETOS CUJAS ALTERNATIVAS APRESENTAM PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,05$, DEFRENTANDO EXTENSÕES (w) DE JANELAS DE OPORTUNIDADES DE VALORES 5 E 50.

p	DP*(L _p /R)		DP*(L _p /R)		DP*(L _p /R)		DP*(L _p /R)	
	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$ w=5	$p_A=50\%$ $p_B=50\%$ w=50	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=50	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=50	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=5	$p_A=80\%$ $p_B=80\%$ w=50
0.050				0.409		0.428		0.234
0.100				0.345		0.419		0.193
0.150				0.307		0.392		0.169
0.200				0.282		0.365		0.153
0.250		0.435		0.263		0.342		0.141
0.300		0.440		0.249		0.322		0.131
0.350		0.442		0.237		0.305		0.123
0.400		0.441		0.229		0.291		0.117
0.450		0.439		0.221		0.278		0.112
0.500		0.437		0.215		0.267		0.107
0.550		0.433		0.211		0.257		0.103
0.600		0.430		0.207		0.249		0.100
0.650		0.427		0.204		0.241		0.097
0.700		0.424		0.201		0.234		0.094
0.750		0.422		0.199		0.228		0.092
0.800		0.419		0.198		0.223		0.089
0.850		0.417		0.197		0.218		0.088
0.900		0.416		0.196		0.214		0.086
0.950		0.415						

TABELA A34: VALORES (W^*) DAS EXTENSÕES DE JANELA DE OPORTUNIDADES QUE IGUALAM OS VALORES ESPERADOS DOS RESULTADOS ECONÔMICOS DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS *SET-BASED* ($E^*(L_S/R)$) E *POINT-BASED* ($E^*(L_P/R)$), PARA PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,001$.

p	w^* ($p_A=p_B=10\%$)	w^* ($p_A=p_B=50\%$)	w^* ($p_A=p_B=80\%$)	w^* ($p_A=10\%;p_B=80\%$)
0.050		235.939	225.056	245.304
0.100	284.513	212.492	204.692	226.487
0.200	254.064	187.164	179.120	217.716
0.300	236.371	170.409	157.722	219.622
0.400	223.031	156.562	143.912	223.761
0.500	212.387	144.030	127.368	228.058
0.600	203.117	133.700	114.540	232.153
0.700	195.305	123.372	99.930	235.117
0.800	188.800	114.373	84.901	237.120
0.900	183.082	106.981	72.216	237.545
0.950	180.649	103.967	65.996	237.433

TABELA A35: VALORES (W^*) DAS EXTENSÕES DE JANELA DE OPORTUNIDADES QUE IGUALAM OS VALORES ESPERADOS DOS RESULTADOS ECONÔMICOS DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS *SET-BASED* ($E^*(L_S/R)$) E *POINT-BASED* ($E^*(L_P/R)$), PARA PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,005$.

p	w^* ($p_A=p_B=10\%$)	w^* ($p_A=p_B=50\%$)	w^* ($p_A=p_B=80\%$)	w^* ($p_A=10\%;p_B=80\%$)
0.050		62.697	57.531	73.791
0.100	93.440	56.094	51.845	68.058
0.200	80.917	49.318	44.930	66.594
0.300	74.621	44.861	40.323	68.313
0.400	70.457	41.548	36.858	70.806
0.500	67.347	38.738	32.635	73.217
0.600	64.891	36.173	29.605	75.510
0.700	62.863	33.581	26.657	77.096
0.800	61.099	31.689	22.935	79.063
0.900	59.629	29.942	19.311	79.966
0.950	58.933	29.122	17.631	80.138

TABELA A36: VALORES (w^*) DAS EXTENSÕES DE JANELA DE OPORTUNIDADES QUE IGUALAM OS VALORES ESPERADOS DOS RESULTADOS ECONÔMICOS DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS *SET-BASED* ($E^*(L_S/R)$) E *POINT-BASED* ($E^*(L_P/R)$), PARA PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,01$.

p	w^* ($p_A=p_B=10\%$)	w^* ($p_A=p_B=50\%$)	w^* ($p_A=p_B=80\%$)	w^* ($p_A=10\%;p_B=80\%$)
0.050		37.655	33.246	48.643
0.100		33.223	29.780	44.244
0.200	56.187	28.977	25.938	43.465
0.300	50.972	26.358	23.314	45.231
0.400	47.760	24.420	20.836	47.520
0.500	45.492	22.894	19.162	49.788
0.600	43.755	21.461	17.091	51.932
0.700	42.376	19.990	14.707	54.150
0.800	41.221	18.943	12.872	55.572
0.900	40.250	17.992	11.491	56.907
0.950	39.788	17.527	10.669	57.611

TABELA A37: VALORES (w^*) DAS EXTENSÕES DE JANELA DE OPORTUNIDADES QUE IGUALAM OS VALORES ESPERADOS DOS RESULTADOS ECONÔMICOS DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS *SET-BASED* ($E^*(L_S/R)$) E *POINT-BASED* ($E^*(L_P/R)$), PARA PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,05$.

p	w^* ($p_A=p_B=50\%$)	w^* ($p_A=p_B=80\%$)
0.050		12.173
0.100		10.007
0.200	10.896	8.279
0.300	9.608	7.335
0.400	8.906	6.578
0.500	8.174	6.189
0.600	7.733	5.508
0.700	7.411	4.725
0.800	7.044	4.192
0.900	6.672	3.857
0.950	6.490	3.663

TABELA A38: RISCOS DE TERMINAR O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS *SET-BASED* (Risco*) E *POINT-BASED* (Risco(k*)), DEVIDO AO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO PARA PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,001$, E SOB AS CONDIÇÕES DAS FRONTEIRAS.

p	Risco* $p_A=10\%$; $p_B=10\%$	Risco* $p_A=50\%$; $p_B=50\%$	Risco* $p_A=80\%$; $p_B=80\%$	Risco* $p_A=10\%$; $p_B=80\%$	Risco(k*) $p_A=10\%$; $p_B=10\%$	Risco(k*) $p_A=50\%$; $p_B=50\%$	Risco(k*) $p_A=80\%$; $p_B=80\%$	Risco(k*) $p_A=10\%$; $p_B=80\%$
0.050		0.005	0.002	0.014		0.000	0.000	0.001
0.100	0.025	0.003	0.002	0.012	0.002	0.000	0.000	0.001
0.200	0.021	0.003	0.001	0.011	0.001	0.000	0.000	0.001
0.300	0.018	0.003	0.002	0.010	0.001	0.000	0.000	0.001
0.400	0.018	0.003	0.001	0.010	0.001	0.000	0.000	0.001
0.500	0.019	0.003	0.001	0.010	0.001	0.000	0.000	0.001
0.600	0.017	0.003	0.001	0.010	0.001	0.000	0.000	0.001
0.700	0.018	0.002	0.001	0.010	0.001	0.000	0.000	0.001
0.800	0.018	0.002	0.001	0.010	0.002	0.000	0.000	0.001
0.900	0.020	0.003	0.001	0.010	0.002	0.000	0.000	0.001
0.950	0.019	0.004	0.001	0.010	0.002	0.000	0.000	0.001

TABELA A39: RISCOS DE TERMINAR O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS *SET-BASED* (Risco*) E *POINT-BASED* (Risco(k*)), DEVIDO AO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO PARA PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,005$, E SOB AS CONDIÇÕES DAS FRONTEIRAS.

p	Risco* $p_A=10\%$; $p_B=10\%$	Risco* $p_A=50\%$; $p_B=50\%$	Risco* $p_A=80\%$; $p_B=80\%$	Risco* $p_A=10\%$; $p_B=80\%$	Risco(k*) $p_A=10\%$; $p_B=10\%$	Risco(k*) $p_A=50\%$; $p_B=50\%$	Risco(k*) $p_A=80\%$; $p_B=80\%$	Risco(k*) $p_A=10\%$; $p_B=80\%$
0.050		0.030	0.014	0.077		0.000	0.000	0.005
0.100	0.159	0.024	0.010	0.064	0.025	0.000	0.000	0.005
0.200	0.120	0.017	0.010	0.058	0.012	0.000	0.000	0.006
0.300	0.111	0.016	0.008	0.052	0.010	0.000	0.000	0.005
0.400	0.101	0.011	0.006	0.054	0.009	0.000	0.000	0.005
0.500	0.094	0.015	0.007	0.050	0.009	0.000	0.000	0.005
0.600	0.098	0.011	0.008	0.049	0.009	0.000	0.000	0.005
0.700	0.098	0.014	0.005	0.050	0.010	0.000	0.000	0.005
0.800	0.100	0.017	0.004	0.051	0.011	0.000	0.000	0.005
0.900	0.095	0.016	0.003	0.049	0.012	0.000	0.000	0.005
0.950	0.093	0.016	0.003	0.049	0.011	0.000	0.000	0.005

TABELA A40: RISCOS DE TERMINAR O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS *SET-BASED* (Risco*) E *POINT-BASED* (Risco(k*)), DEVIDO AO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO PARA PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,01$, E SOB AS CONDIÇÕES DAS FRONTEIRAS.

p	Risco* $p_A=10\%$; $p_B=10\%$	Risco* $p_A=50\%$; $p_B=50\%$	Risco* $p_A=80\%$; $p_B=80\%$	Risco* $p_A=10\%$; $p_B=80\%$	Risco(k*) $p_A=10\%$; $p_B=10\%$	Risco(k*) $p_A=50\%$; $p_B=50\%$	Risco(k*) $p_A=80\%$; $p_B=80\%$	Risco(k*) $p_A=10\%$; $p_B=80\%$
0.050		0.067	0.037	0.180		0.001	0.000	0.040
0.100		0.047	0.024	0.137		0.001	0.000	0.031
0.200	0.296	0.031	0.017	0.117	0.120	0.000	0.000	0.028
0.300	0.243	0.031	0.016	0.108	0.083	0.000	0.000	0.025
0.400	0.226	0.023	0.014	0.105	0.071	0.000	0.000	0.023
0.500	0.207	0.031	0.014	0.110	0.068	0.000	0.000	0.018
0.600	0.200	0.024	0.008	0.099	0.064	0.000	0.000	0.016
0.700	0.200	0.029	0.015	0.099	0.064	0.001	0.000	0.016
0.800	0.205	0.035	0.012	0.094	0.066	0.000	0.000	0.016
0.900	0.195	0.032	0.018	0.109	0.070	0.000	0.000	0.016
0.950	0.211	0.032	0.017	0.107	0.068	0.000	0.000	0.016

TABELA A41: RISCOS DE TERMINAR O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS *SET-BASED* (Risco*) E *POINT-BASED* (Risco(k*)), DEVIDO AO CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DO VALOR ESPERADO PARA PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,05$, E SOB AS CONDIÇÕES DAS FRONTEIRAS.

p	Risco* $p_A=50\%$; $p_B=50\%$	Risco* $p_A=80\%$; $p_B=80\%$	Risco(k*) $p_A=50\%$; $p_B=50\%$	Risco(k*) $p_A=80\%$; $p_B=80\%$
0.050		0.220		0.085
0.100		0.160		0.010
0.200	0.233	0.092	0.054	0.005
0.300	0.231	0.059	0.042	0.001
0.400	0.164	0.109	0.023	0.001
0.500	0.123	0.067	0.031	0.000
0.600	0.189	0.043	0.024	0.001
0.700	0.162	0.029	0.040	0.001
0.800	0.142	0.063	0.035	0.004
0.900	0.129	0.093	0.032	0.003
0.950	0.125	0.085	0.032	0.003

TABELA A42: DESVIOS-PADRÕES DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS *SET-BASED* ($DP^*(L_S/R)$) E *POINT-BASED* ($DP^*(L_P/R)$) DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO DE DOIS COMPONENTES PARA AS PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,001$, E SOB AS CONDIÇÕES DAS FRONTEIRAS.

p	$DP^*(L_S/R)$	$DP^*(L_S/R)$	$DP^*(L_S/R)$	$DP^*(L_S/R)$	$DP^*(L_P/R)$	$DP^*(L_P/R)$	$DP^*(L_P/R)$	$DP^*(L_P/R)$
	$p_A=10\%;$ $p_B=10\%$	$p_A=50\%;$ $p_B=50\%$	$p_A=80\%;$ $p_B=80\%$	$p_A=10\%;$ $p_B=80\%$	$p_A=10\%;$ $p_B=10\%$	$p_A=50\%;$ $p_B=50\%$	$p_A=80\%;$ $p_B=80\%$	$p_A=10\%;$ $p_B=80\%$
0.050		0.074	0.048	0.116		0.035	0.020	0.073
0.100	0.156	0.057	0.046	0.107	0.113	0.027	0.017	0.069
0.200	0.142	0.050	0.035	0.105	0.094	0.022	0.013	0.069
0.300	0.134	0.052	0.041	0.100	0.088	0.021	0.011	0.069
0.400	0.132	0.051	0.032	0.100	0.085	0.020	0.011	0.069
0.500	0.135	0.058	0.033	0.100	0.084	0.021	0.012	0.069
0.600	0.131	0.051	0.036	0.099	0.084	0.020	0.011	0.069
0.700	0.135	0.047	0.030	0.099	0.085	0.020	0.011	0.069
0.800	0.134	0.045	0.027	0.101	0.086	0.021	0.012	0.069
0.900	0.139	0.054	0.026	0.100	0.087	0.022	0.016	0.069
0.950	0.138	0.063	0.025	0.100	0.088	0.022	0.017	0.069

TABELA A43: DESVIOS-PADRÕES DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS *SET-BASED* ($DP^*(L_S/R)$) E *POINT-BASED* ($DP^*(L_P/R)$), DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO DE DOIS COMPONENTES PARA AS PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,005$, E SOB AS CONDIÇÕES DAS FRONTEIRAS.

p	$DP^*(L_S/R)$	$DP^*(L_S/R)$	$DP^*(L_S/R)$	$DP^*(L_S/R)$	$DP^*(L_P/R)$	$DP^*(L_P/R)$	$DP^*(L_P/R)$	$DP^*(L_P/R)$
	$p_A=10\%;$ $p_B=10\%$	$p_A=50\%;$ $p_B=50\%$	$p_A=80\%;$ $p_B=80\%$	$p_A=10\%;$ $p_B=80\%$	$p_A=10\%;$ $p_B=10\%$	$p_A=50\%;$ $p_B=50\%$	$p_A=80\%;$ $p_B=80\%$	$p_A=10\%;$ $p_B=80\%$
0.050		0.030	0.014	0.077		0.000	0.000	0.005
0.100	0.159	0.024	0.010	0.064	0.025	0.000	0.000	0.005
0.200	0.120	0.017	0.010	0.058	0.012	0.000	0.000	0.006
0.300	0.111	0.016	0.008	0.052	0.010	0.000	0.000	0.005
0.400	0.101	0.011	0.006	0.054	0.009	0.000	0.000	0.005
0.500	0.094	0.015	0.007	0.050	0.009	0.000	0.000	0.005
0.600	0.098	0.011	0.008	0.049	0.009	0.000	0.000	0.005
0.700	0.098	0.014	0.005	0.050	0.010	0.000	0.000	0.005
0.800	0.100	0.017	0.004	0.051	0.011	0.000	0.000	0.005
0.900	0.095	0.016	0.003	0.049	0.012	0.000	0.000	0.005
0.950	0.093	0.016	0.003	0.049	0.011	0.000	0.000	0.005

TABELA A44: DESVIOS-PADRÕES DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS *SET-BASED* ($DP^*(L_S/R)$) E *POINT-BASED* ($DP^*(L_P/R)$), DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO DE DOIS COMPONENTES PARA AS PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,01$, E SOB AS CONDIÇÕES DAS FRONTEIRAS.

p	$DP^*(L_S/R)$	$DP^*(L_S/R)$	$DP^*(L_S/R)$	$DP^*(L_S/R)$	$DP^*(L_P/R)$	$DP^*(L_P/R)$	$DP^*(L_P/R)$	$DP^*(L_P/R)$
	$p_A=10\%;$ $p_B=10\%$	$p_A=50\%;$ $p_B=50\%$	$p_A=80\%;$ $p_B=80\%$	$p_A=10\%;$ $p_B=80\%$	$p_A=10\%;$ $p_B=10\%$	$p_A=50\%;$ $p_B=50\%$	$p_A=80\%;$ $p_B=80\%$	$p_A=10\%;$ $p_B=80\%$
0.050		0.250	0.189	0.384		0.216	0.136	0.410
0.100		0.213	0.153	0.344		0.172	0.105	0.373
0.200	0.456	0.173	0.130	0.322	0.501	0.140	0.083	0.362
0.300	0.429	0.174	0.125	0.311	0.469	0.128	0.074	0.362
0.400	0.418	0.151	0.116	0.307	0.450	0.121	0.071	0.361
0.500	0.405	0.175	0.117	0.313	0.439	0.118	0.068	0.359
0.600	0.400	0.152	0.088	0.298	0.431	0.118	0.068	0.356
0.700	0.400	0.169	0.121	0.299	0.427	0.120	0.072	0.352
0.800	0.404	0.184	0.107	0.292	0.426	0.122	0.075	0.351
0.900	0.396	0.177	0.132	0.312	0.426	0.125	0.079	0.349
0.950	0.408	0.175	0.128	0.309	0.426	0.127	0.082	0.348

TABELA A45: DESVIOS-PADRÕES DO RESULTADO ECONÔMICO DO DESENVOLVIMENTO, PELAS ABORDAGENS *SET-BASED* ($DP^*(L_S/R)$) E *POINT-BASED* ($DP^*(L_P/R)$), DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO DE DOIS COMPONENTES PARA AS PROBABILIDADES DE SUCESSO INDIVIDUAIS $p_A=p_B=10\%$, $p_A=p_B=50\%$, $p_A=p_B=80\%$, $p_A=10\%$ COM $p_B=80\%$ E RELAÇÃO $c/R=0,05$, E SOB AS CONDIÇÕES DAS FRONTEIRAS.

p	$DP^*(L_S/R)$	$DP^*(L_S/R)$	$DP^*(L_P/R)$	$DP^*(L_P/R)$
	$p_A=50\%;$ $p_B=50\%$	$p_A=80\%;$ $p_B=80\%$	$p_A=50\%;$ $p_B=50\%$	$p_A=80\%;$ $p_B=80\%$
0.050		0.220		0.085
0.100		0.160		0.010
0.200	0.233	0.092	0.054	0.005
0.300	0.231	0.059	0.042	0.001
0.400	0.164	0.109	0.023	0.001
0.500	0.123	0.067	0.031	0.000
0.600	0.189	0.043	0.024	0.001
0.700	0.162	0.029	0.040	0.001
0.800	0.142	0.063	0.035	0.004
0.900	0.129	0.093	0.032	0.003
0.950	0.125	0.085	0.032	0.003

TABELA A46: FRONTEIRAS (w^*) DE SEPARAÇÃO DAS REGIÕES ONDE CADA UM DAS ABORDAGENS SUPERA A OUTRA EM TERMOS DE VALOR ESPERADO MÁXIMO DO RESULTADO ECONÔMICO NO DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES, PARA A RELAÇÃO $c/R=0,001$, CONSIDERADOS OS EFEITO DO APRENDIZADO E DA POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO DO *SET-BASED*.

p	w^* ($p_A=p_B=10\%$)	w^* ($p_A=p_B=50\%$)	w^* ($p_A=p_B=80\%$)	w^* ($p_A=10\%;p_B=80\%$)
0,050		235,939	225,056	245,304
0,100	284,513	212,492	204,692	226,487
0,200	254,064	187,164	179,120	217,716
0,300	236,371	170,409	157,722	219,622
0,400	223,031	156,562	143,912	223,761
0,500	212,387	144,030	127,368	228,058
0,600	203,117	133,700	114,540	232,153
0,700	195,305	123,372	99,930	235,117
0,800	188,800	114,373	84,901	237,120
0,900	183,082	106,981	72,216	237,545
0,950	180,649	103,967	65,996	237,433

TABELA A47: FRONTEIRAS (w^*) DE SEPARAÇÃO DAS REGIÕES ONDE CADA UM DAS ABORDAGENS SUPERA A OUTRA EM TERMOS DE VALOR ESPERADO MÁXIMO DO RESULTADO ECONÔMICO NO DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES, PARA A RELAÇÃO $c/R=0,005$, CONSIDERADOS OS EFEITO DO APRENDIZADO E DA POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO DO *SET-BASED*.

p	w^* ($p_A=p_B=10\%$)	w^* ($p_A=p_B=50\%$)	w^* ($p_A=p_B=80\%$)	w^* ($p_A=10\%;p_B=80\%$)
0,050		62,697	57,531	73,791
0,100	93,440	56,094	51,845	68,058
0,200	80,917	49,318	44,930	66,594
0,300	74,621	44,861	40,323	68,313
0,400	70,457	41,548	36,858	70,806
0,500	67,347	38,738	32,635	73,217
0,600	64,891	36,173	29,605	75,510
0,700	62,863	33,581	26,657	77,096
0,800	61,099	31,689	22,935	79,063
0,900	59,629	29,942	19,311	79,966
0,950	58,933	29,122	17,631	80,138

TABELA A48: FRONTEIRAS (w^*) DE SEPARAÇÃO DAS REGIÕES ONDE CADA UM DAS ABORDAGENS SUPERA A OUTRA EM TERMOS DE VALOR ESPERADO MÁXIMO DO RESULTADO ECONÔMICO NO DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES, PARA A RELAÇÃO $c/R=0,01$, CONSIDERADOS OS EFEITO DO APRENDIZADO E DA POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO DO *SET-BASED*.

p	w^* ($p_A=p_B=10\%$)	w^* ($p_A=p_B=50\%$)	w^* ($p_A=p_B=80\%$)	w^* ($p_A=10\%;p_B=80\%$)
0,050		37,655	33,246	48,643
0,100		33,223	29,780	44,244
0,200	56,187	28,977	25,938	43,465
0,300	50,972	26,358	23,314	45,231
0,400	47,760	24,420	20,836	47,520
0,500	45,492	22,894	19,162	49,788
0,600	43,755	21,461	17,091	51,932
0,700	42,376	19,990	14,707	54,150
0,800	41,221	18,943	12,872	55,572
0,900	40,250	17,992	11,491	56,907
0,950	39,788	17,527	10,669	57,611

TABELA A49: FRONTEIRAS (w^*) DE SEPARAÇÃO DAS REGIÕES ONDE CADA UM DAS ABORDAGENS SUPERA A OUTRA EM TERMOS DE VALOR ESPERADO MÁXIMO DO RESULTADO ECONÔMICO NO DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO CONSTITUÍDO POR DOIS COMPONENTES, PARA A RELAÇÃO $c/R=0,05$, CONSIDERADOS OS EFEITO DO APRENDIZADO E DA POSSIBILIDADE DE REPETIÇÃO DO *SET-BASED*.

p	w^* ($p_A=p_B=50\%$)	w^* ($p_A=p_B=80\%$)
0,050		12,173
0,100		10,007
0,200	10,896	8,279
0,300	9,608	7,335
0,400	8,906	6,578
0,500	8,174	6,189
0,600	7,733	5,508
0,700	7,411	4,725
0,800	7,044	4,192
0,900	6,672	3,857
0,950	6,490	3,663

ANEXO B

ROTINAS DESENVOLVIDAS EM MATLAB VERSÃO 4.2

Este Anexo apresenta as rotinas, em MATLAB versão 4.2, desenvolvidas ao longo do trabalho com o objetivo de operacionalizar os cálculos dos modelos de representação da busca pelo sucesso no desenvolvimento tanto de um produto constituído de componente único quanto de um produto constituído por dois componentes, apresentados respectivamente nos capítulos 4 e 5 do trabalho.

B1 – A ROTINA “POINT1COMP” .

A rotina *Point1comp* calcula o Valor Esperado Máximo do resultado econômico do desenvolvimento, pela estratégia *Point-Based*, de um produto constituído de componente único, apresentado na seção 4.2.3 do trabalho. A rotina obtém, também, o Desvio-Padrão, *Time-to-Market* e o Risco de se terminar o processo de desenvolvimento, pelo critério de maximização do Valor Esperado sem que se tenha conseguido o sucesso. A rotina *Point1comp* é apresentada na sequência.

```

i=2;
cR=0.05;
A(1,6)=0
w=5
for p=.1:.05:1
timetomkt=0;
soma1=0;
soma2=0;
valor=0;
valorpoint=0;
somaprob=0;

n=1;
contrib=(1-p)^(n-1)*(-cR+p*(1-(n-1)/w));

while contrib>0
valorpoint=valorpoint+(1-p)^(n-1)*(-cR+p*(1-(n-1)/w));
somaprob=somaprob+p*(1-p)^(n-1);
soma2=soma2+p*(1-p)^(n-1)*((1-(n-1)/w)-n*cR)^2;
timetomkt=timetomkt+n*p*(1-p)^(n-1);
n=n+1;
contrib=(1-p)^(n-1)*(-cR+p*(1-(n-1)/w));
end

soma2=soma2+(1-p)^(n-1)*(-(n-1)*cR)^2;           % CONSIDERAÇÃO DA
POSSIBILIDADE DE, MESMO DEPOIS DE N CICLOS NÃO TER
ENCONTRADO O SUCESSO AINDA.
n=n-1;

A(i,1)=cR;
A(i,2)=w;
A(i,3)=p;
A(i,4)=valorpoint;
A(i,5)=sqrt(soma2-valorpoint^2);
A(i,6)=timetomkt;
A(i,7)=n;
A(i,8)=1-somaprob;           %(risco associado a k* otimo)

i=i+1;
end
end

```


B2 – A ROTINA “FRONT1COMP” .

A rotina *Front1comp* obtém a Fronteira (w^*) de separação entre as duas regiões que apresentam, cada qual, Valor Esperado do resultado econômico maior quando o desenvolvimento de um produto de componente único é gerido pelo *Set-Based* ou pelo *Point-Based*, apresentado na seção 4.4 do trabalho. A Rotina calcula também os Valores Esperados Máximos, Desvios-Padrões e Riscos do processo terminar, pelo critério de maximização do Valor Esperado, sem a obtenção do sucesso para ambas as abordagens sobre as condições da fronteira.

A rotina *Front1comp* se utiliza da subrotina “Dablio” que faz a busca pelo valor da extensão (w^*) da janela de oportunidades que iguala os dois Valores Esperados dos resultados econômicos de ambas abordagens *Set-Based* e *Point-Base*d. A rotina *Front1comp* é apresentada abaixo e a subrotina *Dablio* é apresentada na sequência.

```
i=2;
cR=0.05;
A(1,10)=0
A(1,7)=5;
```

```
for p=0.95
```

```
timetomkt=0;
soma1=0;
soma2=0;
valor=0;
valorpoint=0;
somaprob=0;
```

```
notim=log(-cR/log(1-p))/log(1-p);
valoresp=1-(1-p)^notim-cR*notim;
desvset=sqrt((1-(1-p)^notim)*(1-2*notim*cR)+notim^2*cR^2-valoresp^2);
prob=1-(1-p)^notim;
```

```

save custorece cR
save pe p
save valueset valoresp
dabl=fzero('dablio', A((i-1), 7))

load ene

for k=1:1:(n-1)
valorpoint=valorpoint+(1-p)^(k-1)*(-cR+p*(1-(k-1)/dabl));
soma2=soma2+p*(1-p)^(k-1)*((1-(k-1)/dabl)-k*cR)^2;
timetomkt=timetomkt+k*p*(1-p)^(k-1);
somaprob=somaprob+p*(1-p)^(k-1);

end

soma2=soma2+(1-p)^(n-1)*(-(n-1)*cR)^2;           % CONSIDERAÇÃO DA
POSSIBILIDADE DE, MESMO DEPOIS DE N CICLOS NÃO TER
ENCONTRADO O SUCESSO AINDA.
riscoset=1-prob;
riscopoint=1-somaprob;

A(i,1)=cR;
A(i,2)=p;
A(i,3)=notim;
A(i,4)=valoresp;
A(i,5)=desvset;
A(i,6)=riscoset;
A(i,7)=dabl;
A(i,8)=timetomkt;
A(i,9)=n-1;
A(i,10)=valorpoint;
A(i,11)=sqrt(soma2-valorpoint^2);
A(i,12)=riscopoint;

i=i+1;

soma2=0;
timetomkt=0;
valorpoint=0;
end

```

A subrotina "Dablio" está apresentada abaixo.

```

function f=dablio(w)
load pe
load custorece
load valueset

```

```

f=0;
n=1;
contrib=(1-p)^(n-1)*(-cR+p*(1-(n-1)/w));

while contrib>0

f=f+(1-p)^(n-1)*(-cR+p*(1-(n-1)/w));
n=n+1;
contrib=(1-p)^(n-1)*(-cR+p*(1-(n-1)/w));
end

f=f-valoresp;
save ene n

```

B3 – A ROTINA “SETCICLO”.

A rotina Setciclo calcula o Valor Esperado Máximo do resultado econômico do desenvolvimento de um produto constituído por componente único através da abordagem *Set-Based*, com possibilidade de repetições em vários ciclos apresentado na seção 4.5 do trabalho. A rotina obtém também o Desvio-Padrão, Risco de se terminar o processo de desenvolvimento sem ter conseguido sucesso e o Valor Esperado do número de ciclos necessários para a ocorrência do sucesso (*Time-to-Market*). A rotina Setciclo está apresentada abaixo.

```

i=1;
cR=0.05;
notim(4)=0;

for w=50
for p=.05:.05:.1
timetomktset=0;
soma1=0;
valor=0;
valoresp=0;
soma2set=0;
prob=0;
desvset=0;

```

```

k=1;

notim(k)=log(cR/(((k-1)/w-1)*log(1-p)))/log(1-p);
somanotim(k)=notim(k);
contrib=(1-(1-p)^notim(k))*(1-(k-1)/w)-cR*notim(k);
contrib2=(1-(1-p)^notim(k))*((1-(k-1)/w)-cR*notim(k))^2;
contrib3=(1-(1-p)^notim(k));

while contrib>0 & notim(k)>1
valoresp=valoresp+contrib;
soma2set=soma2set+contrib2;
timetomktset=timetomktset+k*contrib3;
prob=prob+contrib3;
k=k+1;

notim(k)=log(cR/(((k-1)/w-1)*log(1-p)))/log(1-p);
somanotim(k)=somanotim(k-1)+notim(k);
contrib=(1-p)^somanotim(k-1)*((1-(1-p)^notim(k))*(1-(k-1)/w)-cR*notim(k));
contrib2=(1-p)^somanotim(k-1)*(1-(1-p)^notim(k))*((1-(k-1)/w)-
cR*somanotim(k))^2;
contrib3=(1-p)^somanotim(k-1)*(1-(1-p)^notim(k));
end

soma2set=soma2set+(1-p)^somanotim(k-1)*(-cR*somanotim(k-1))^2;          %
CONSIDERAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE, MESMO DEPOIS DE N CICLOS
NÃO TER ENCONTRADO O SUCESSO AINDA, PARA EFEITO DO
CÁLCULO DA VARIÂNCIA.
desvset=sqrt(soma2set-valoresp^2);

A(i,1)=cR;
A(i,2)=w;
A(i,3)=k-1;
A(i,4)=p;
A(i,5)=notim(1);
A(i,6)=notim(2);
A(i,7)=notim(3);
A(i,8)=notim(4);
A(i,9)=valoresp;
A(i,10)=desvset;
A(i,11)=1-prob;
A(i,12)=timetomktset;

i=i+1;
soma2=0;
valoresp=0;
desvset=0;
end
end

```

B4 – A ROTINA “FRONTCICLO”.

A rotina Frontciclo levanta a fronteira de separação, isto é, os valores das extensões (w^*) das janelas de oportunidades que igualam os Valores Esperados Máximos dos resultados econômicos do desenvolvimento, por ambas as estratégias *Set-Based* (com a possibilidade de repetições em vários ciclos) e *Point-Based*, de um produto de componente único, apresentado na seção 4.5 do trabalho.

A rotina Frontciclo é apresentada abaixo. A subrotina “Findw”, utilizada para a busca do valor (w^*) da extensão da janela, é apresentada na sequência.

```

i=2;
cR=0.001;
notim(4)=0;
A(1,3)=450;

for p=0.05:0.05:.95

timetomkt=0;
timetomktset=0;
soma1=0;
soma2=0;
valor=0;
valoresp=0;
valorpoint=0;
soma2set=0;
prob=0;
desvset=0;
probpoint=0;

save pe p
save custorece cR

dab=fzero('findw',A((i-1),3));

load ka
load ene
load not
load value

```

```

load desv
load pro
load time
load value2
load sum2
load time2

for j=1:1:n
probpoint=probpoint+(1-p)^(j-1)*p;
end

A(i,1)=cR;
A(i,2)=p;
A(i,3)=dab;
A(i,4)=k-1;
A(i,5)=notim(1);
A(i,6)=notim(2);
A(i,7)=notim(3);
A(i,8)=notim(4);
A(i,9)=valoresp;
A(i,10)=desvset;
A(i,11)=1-prob;
A(i,12)=timetomktset;
A(i,13)=valorpoint;
A(i,14)=sqrt(soma2-valorpoint^2);
A(i,15)=timetomkt;
A(i,16)=1-probpoint;
i=i+1;
soma2=0;
timetomkt=0;
valorpoint=0;
valoresp=0;
desvset=0;
end

```

A subrotina "Findw" é apresentada abaixo.

```

function f=findw(w)

load pe
load custorece
timetomkt=0;
timetomktset=0;
soma1=0;
soma2=0;
valor=0;
valoresp=0;

```

```

valorpoint=0;
soma2set=0;
prob=0;
desvset=0;
contrib=0;
contrib2=0;
contrib3=0;
contribp=0;
notim(20)=0;
somanotim(20)=0;
f=0;

k=1;

notim(k)=log(cR/(((k-1)/w-1)*log(1-p)))/log(1-p);
somanotim(k)=notim(k);
contrib=(1-(1-p)^notim(k))*(1-(k-1)/w)-cR*notim(k);
contrib2=(1-(1-p)^notim(k))*((1-(k-1)/w)-cR*notim(k))^2;
contrib3=(1-(1-p)^notim(k));

while contrib>0 & notim(k)>1
valoresp=valoresp+contrib;
soma2set=soma2set+contrib2;
timetomktset=timetomktset+k*contrib3;
prob=prob+contrib3;
k=k+1;

notim(k)=log(cR/(((k-1)/w-1)*log(1-p)))/log(1-p);
somanotim(k)=somanotim(k-1)+notim(k);
contrib=(1-p)^somanotim(k-1)*((1-(1-p)^notim(k))*(1-(k-1)/w)-cR*notim(k));
contrib2=(1-p)^somanotim(k-1)*(1-(1-p)^notim(k))*((1-(k-1)/w)-
cR*somanotim(k))^2;
contrib3=(1-p)^somanotim(k-1)*(1-(1-p)^notim(k));
end

soma2set=soma2set+(1-p)^somanotim(k-1)*(-cR*somanotim(k-1))^2;          %
CONSIDERAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE, MESMO DEPOIS DE N CICLOS
NÃO TER ENCONTRADO O SUCESSO AINDA, PARA EFEITO DO
CÁLCULO DA VARIÂNCIA.
desvset=sqrt(soma2set-valoresp^2);

%POINT
n=1;
contribp=(1-p)^(n-1)*(-cR+p*(1-(n-1)/w));

while contribp>0
valorpoint=valorpoint+(1-p)^(n-1)*(-cR+p*(1-(n-1)/w));
soma2=soma2+p*(1-p)^(n-1)*((1-(n-1)/w)-n*cR)^2;
timetomkt=timetomkt+n*p*(1-p)^(n-1);

```

```

n=n+1;
contribp=(1-p)^(n-1)*(-cR+p*(1-(n-1)/w));
end

```

```

soma2=soma2+(1-p)^(n-1)*(-(n-1)*cR)^2;
n=n-1;

```

```

f=valoresp-valorpoint;
save ka k
save ene n
save not notim
save value valoresp
save desv desvset
save pro prob
save time timetomktset
save value2 valorpoint
save sum2 soma2
save time2 timetomkt

```

B5 – A ROTINA “FRONCICAP”.

A rotina Froncicap calcula os valores das extensões (w^*) das janelas de oportunidades que igualam os Valores Esperados Máximos dos resultados econômicos do desenvolvimento, por ambas as estratégias *Set-Based* e *Point-Based*, de um produto de componente único, considerando-se os efeitos de aprendizagem, apresentado na seção 4.6 do trabalho.

A rotina Froncicap é apresentada abaixo. A subrotina “Findwap”, utilizada para a busca da extensão (w^*) da janela, é apresentada na sequência.

```

i=2;
cR=0.01;
notim(4)=0;
A(1,3)=2;

```



```
b=0.321928; % EXPOENTE DA CURVA DE APRENDIZAGEM
```

```
for p=.0.05:0.05:.95
```

```
timetomkt=0;
```

```
timetomktset=0;
```

```
soma1=0;
```

```
soma2=0;
```

```
valor=0;
```

```
valoresp=0;
```

```
valorpoint=0;
```

```
soma2set=0;
```

```
prob=0;
```

```
desvset=0;
```

```
probpoint=0;
```

```
save be b
```

```
save pe p
```

```
save custorece cR
```

```
dab=fzero('findwap',A((i-1),3));
```

```
load ka
```

```
load ene
```

```
load not
```

```
load value
```

```
load desv
```

```
load pro
```

```
load time
```

```
load value2
```

```
load sum2
```

```
load time2
```

```
for j=1:1:n
```

```
probpoint=probpoint+(1-p)^(j-1)*p;
```

```
end
```

```
A(i,1)=cR;
```

```
A(i,2)=p;
```

```
A(i,3)=dab;
```

```
A(i,4)=k-1;
```

```
A(i,5)=notim(1);
```

```
A(i,6)=notim(2);
```

```
A(i,7)=notim(3);
```

```
A(i,8)=notim(4);
```

```
A(i,9)=valoresp;
```

```
A(i,10)=desvset;
```

```
A(i,11)=1-prob;
```

```
A(i,12)=timetomktset;
```

```
A(i,13)=valorpoint;
```

```
A(i,14)=sqrt(soma2-valorpoint^2);
```

```

A(i,15)=timetomkt;
A(i,16)=1-probpoint;
i=i+1;
soma2=0;
timetomkt=0;
valorpoint=0;
valoresp=0;
desvset=0;
end

```

Abaixo, temos a rotina "Findwap".

```
function f=findwap(w)
```

```

load be
load pe
load custorece

```

```

timetomkt=0;
timetomktset=0;
soma1=0;
soma2=0;
valor=0;
valoresp=0;
valorpoint=0;
soma2set=0;
prob=0;
desvset=0;
contrib=0;
contrib2=0;
contrib3=0;
contribp=0;
notim(20)=0;
somanotim(20)=0;
somacusto=0;
custosoma=0;
f=0;
k=1;

```

```

notim(k)=log(cR/(((k-1)/w-1)*log(1-p)))/log(1-p);
somanotim(k)=notim(k);
somacusto=somacusto+notim(k)*cR;
contrib=(1-(1-p)^notim(k))*(1-(k-1)/w)-cR*notim(k);
contrib2=(1-(1-p)^notim(k))*((1-(k-1)/w)-somacusto)^2;
contrib3=(1-(1-p)^notim(k));

```

```

while contrib>0
valoresp=valoresp+contrib;

```

```

soma2set=soma2set+contrib2;
timetomktset=timetomktset+k*contrib3;
prob=prob+contrib3;
k=k+1;

notim(k)=log((cR*notim(k-1)^(-b))/(((k-1)/w-1)*log(1-p)))/log(1-p); % O CUSTO
DO PRÓXIMO CICLO É: cR*notim(k-1)^(-b)
somanotim(k)=somanotim(k-1)+notim(k);
somacusto=somacusto+notim(k)*cR*notim(k-1)^(-b);
contrib=(1-p)^somanotim(k-1)*((1-(1-p)^notim(k))*(1-(k-1)/w)-cR*notim(k-1)^(-
b)*notim(k));
contrib2=(1-p)^somanotim(k-1)*(1-(1-p)^notim(k))*((1-(k-1)/w)-somacusto)^2;
contrib3=(1-p)^somanotim(k-1)*(1-(1-p)^notim(k));
end

```

```

soma2set=soma2set+(1-p)^somanotim(k-1)*(-(somacusto-cR*notim(k-1)^(-
b)))^2; % CONSIDERAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE, MESMO DEPOIS
DE N CICLOS NÃO TER ENCONTRADO O SUCESSO AINDA, PARA EFEITO
DO CÁLCULO DA VARIÂNCIA.
desvset=sqrt(soma2set-valoresp^2);

```

```

%POINT
n=1;
contribp=(1-p)^(n-1)*(-cR+p*(1-(n-1)/w));

while contribp>0
valorpoint=valorpoint+contribp;
custosoma=custosoma+cR*n^(-b);
soma2=soma2+p*(1-p)^(n-1)*((1-(n-1)/w)-custosoma)^2;
timetomkt=timetomkt+n*p*(1-p)^(n-1);
n=n+1;
contribp=(1-p)^(n-1)*(-cR*n^(-b)+p*(1-(n-1)/w));
end

```

```

soma2=soma2+(1-p)^(n-1)*(-custosoma*cR)^2;
f=valoresp-valorpoint;

```

```

n=n-1;
save ka k
save ene n
save not notim
save value valoresp
save desv desvset
save pro prob
save time timetomktset
save value2 valorpoint
save sum2 soma2
save time2 timetomkt

```

B6 – A ROTINA “SET-BASED2”.

A rotina Set-Based2 calcula o Valor Esperado Máximo para o resultado econômico do desenvolvimento, pela abordagem *Set-Based*, de um produto constituído por dois componentes, apresentado na seção 5.2.2 do trabalho. A rotina obtém também o Desvio-Padrão e o risco de se terminar o processo de desenvolvimento, pelo critério de maximização do Valor do Esperado, sem a obtenção do sucesso. A rotina Set-Based2 é apresentada a seguir.

```

Numam=0;
Numbm=0;
somavelh=0;
result=0;
melhorset=0;
soma=0;
somaprob=0;
desvset=0;
desvpoint=0;
x2=0;
z=1;
pA=.8
pB=.8
cR=.005;
inicioNa=25;
inicioNb=25;
ultimoNumam=70;
ultimoNumbm=70;

for p=.05:.05:.95

for NA=inicioNa:1:ultimoNumam;
for NB=inicioNb:1:ultimoNumbm;

soma=somaset(NA,NB,pA,pB,p);
result=soma-cR*(NA+NB);

if result > melhorset;
melhorset = result;
somaprob=soma;
risco=1-somaprob;
x2=somaprob-2*somaprob*cR*(NA+NB)+cR^2*(NA+NB)^2;

```

```

desvset=sqrt(x2-melhorset^2);
Numam=NA;
Numbm=NB;
end
end
end

if Numam>0
ultimoNumam=Numam;
ultimoNumbm=Numbm;
inicioNa=Numam-30;
inicioNb=Numbm-30
if inicioNa<0
inicioNa=1;
inicioNb=1;
end
end

A(z,1)=cR;
A(z,2)=pA;
A(z,3)=pB;
A(z,4)=p;
A(z,5)=Numam;
A(z,6)=Numbm;
A(z,7)=melhorset;
A(z,8)=desvset;
A(z,9)=risco;

z=z+1;
end

```

B7 – A ROTINA “POINT2” .

A rotina Point2 calcula o Valor Esperado Máximo do resultado econômico do desenvolvimento, pela estratégia *Point-Based*, de um produto constituído por dois componentes, apresentado na seção 5.3 do trabalho. A rotina obtém, também, o Desvio-Padrão, *Time-to-Market* e o Risco de se terminar o processo de desenvolvimento, pelo critério

de maximização do Valor Esperado, sem que se tenha conseguido o sucesso.

A rotina Point2 é apresentada abaixo.

```
f=1;
cR=0.001;
pA=.8
pB=.8
iprobmax=80;

for w=5:45:50
for p=.05:.05:.95
for i=1:1:iprobmax

PSE(i)=0;
PSI(i)=0;
PII(i)=0;
for j=0:1:i
for k=(j-1):1:j

if k ~= -1
if k<= i-1

PSE(i)=PSE(i)+(1-p)^(k*(i-1))*prod(1:(i-1))/prod(1:k)/prod(1:(i-1-k))*(1-(1-p)^(i*j-
k*(i-1)))*(pA^i*pB^j*(1-pB)^(i-j)+pA^j*pB^i*(1-pA)^(i-j));
end
end

end

end

PSE(i)=PSE(i)-(1-p)^((k-1)*(i-1))*prod(1:(i-1))/prod(1:(k-1))/prod(1:(i-1-(k-1)))*(1-
(1-p)^(i*j-(k-1)*(i-1)))*(pA^i*pB^j);

for l=1:1:(i-1)
for m=0:1:(l-1)
for n=(l-1):1:l
for o=(m-1):1:m

if o ~= -1

PSI(i)=PSI(i)+prod(1:(i-1))/prod(1:n)/prod(1:(i-1-n))*prod(1:(i-
1))/prod(1:o)/prod(1:(i-1-o))*(1-p)^(n*o)*(1-(1-p)^(l*m-n*o))*(pA^l*(1-pA)^(i-
l)*pB^m*(1-pB)^(i-m)+pA^m*(1-pA)^(i-m)*pB^l*(1-pB)^(i-l));

end
end
end
end
```

```

Pll(i)=Pll(i)+pA^l*pB^l*(1-pA)^(i-l)*(1-pB)^(i-l)*(prod(1:(i-
1))^2/prod(1:n)^2/prod(1:(i-1-n))^2*(1-p)^(n^2)*(1-(1-p)^(l^2-n^2))+prod(1:(i-
1))^2/prod(1:o)^2/prod(1:(i-1-o))^2*(1-p)^(o^2)*(1-(1-p)^(l^2-o^2))+2*prod(1:(i-
1))/prod(1:n)/prod(1:(i-1-n))*prod(1:(i-1))/prod(1:o)/prod(1:(i-1-o))*(1-p)^(n*o)*(1-
(1-p)^(l^2-n*o)));
end

```

```

PTOTAL(i)=PSE(i)+PSI(i)+Pll(i);
end

```

```

timetomkt=0;
resultado=0;
resultsoma=0;
somaptot=0;
x2=0;
desvpoint=0;

```

```

i=1;
result=PTOTAL(i)*(1-(i-1)/w-2*i*cR);
somaptot=somaptot+PTOTAL(i);
tramo=(1-somaptot)*2*i*cR;
resultsoma=resultsoma+result;
resultado=resultsoma-tramo;
x2=x2+PTOTAL(i)*(1-(i-1)/w-2*i*cR)^2;
timetomkt=timetomkt+i*PTOTAL(i);
resultadoantes=-2;

```

```

while resultado-resultadoantes > 0.0001

```

```

resultadoantes=resultado;
i=i+1;
result=PTOTAL(i)*(1-(i-1)/w-2*i*cR);
somaptot=somaptot+PTOTAL(i);
tramo=(1-somaptot)*2*i*cR;
resultsoma=resultsoma+result;
resultado=resultsoma-tramo;
x2=x2+PTOTAL(i)*(1-(i-1)/w-2*i*cR)^2;
timetomkt=timetomkt+i*PTOTAL(i);
end

```

```

resultado=resultadoantes;
x2=x2-PTOTAL(i)*(1-(i-1)/w-2*i*cR)^2;          % EXCLUIR A ÚLTIMA CONTRIB.
(PASSOU PONTO MÁXIMO) PARA A VARIÂNCIA.
timetomkt=timetomkt-i*PTOTAL(i);
somaptot=somaptot-PTOTAL(i);
i=i-1;          % VOLTAR O APONTADOR PARA O PONTO DE MÁXIMO
x2=x2+(1-somaptot)*(-2*i*cR)^2;          % LEVAR EM CONSIDERAÇÃO O
TRAMO DO FRACASSO NO INSTANTE DE MÁXIMO.

```

```

desvpoint=sqrt(x2-resultado^2);

```

```

A(f,1)=cR;

```

```

A(f,2)=pA;
A(f,3)=pB;
A(f,4)=p;
A(f,5)=w;
A(f,6)=i;
A(f,7)=resultado;
A(f,8)=desvpoin;
A(f,9)=timetomkt;
A(f,10)=1-somaptot;
f=f+1;

end
end
end
end

```

B8 – A ROTINA “FRONTEIR” .

A rotina *Fronteir* obtém a fronteira de separação, isto é, os valores das extensões (w^*) das janelas de oportunidades que igualam os Valores Esperados Máximos dos resultados econômicos do desenvolvimento, por ambas as estratégias *Set-Based* e *Point-Based*, de um produto constituído por dois componentes, apresentado na seção 5.3.2 do trabalho. A Rotina calcula também os Valores Esperados Máximos, Desvios-Padrões e Riscos do processo terminar, pelo critério de maximização do Valor Esperado, sem a obtenção do sucesso, para ambas as abordagens sobre as condições da fronteira.

A rotina *Fronteir* se utiliza da subrotina “*Front*” que faz a busca do valor da extensão (w^*) da janela de oportunidades que iguala os dois Valores Esperados dos resultados econômicos de ambas

abordagens *Set-Based* e *Point-Based*. A rotina *Fronteir* é apresentada abaixo e a subrotina *Front* é apresentada na sequência.

```

Numam=0;
Numbm=0;
somavelh=0;
result=0;
melhorset=0;
soma=0;
somaprob=0;
desvset=0;
desvpoint=0;
x2=0;
b=.0;

pA=.5
pB=.5

A(1,10)=300;
z=2
cR=.001;
inicioNa=1
inicioNb=1
ultimoNumam=60;
ultimoNumbm=60;
iprobmax=80;

for p=.05:.05:.95

for NA=inicioNa:1:ultimoNumam;
for NB=inicioNb:1:ultimoNumbm;

soma=somaset(NA,NB,pA,pB,p);

result=soma-cR*(NA+NB);

if result > melhorset;
melhorset = result;
somaprob=soma;
x2=somaprob-2*somaprob*cR*(NA+NB)+cR^2*(NA+NB)^2;
desvset=sqrt(x2-melhorset^2);
Numam=NA;
Numbm=NB;
end
end
end

```

```

if Numam>0
ultimoNumam=Numam;
ultimoNumbm=Numbm;
inicioNa=Numam-20;
inicioNb=Numbm-20;
if inicioNa<0
inicioNa=1;
inicioNb=1;
end

```

```

timetomkt=0;
resultado=0;

```

```

for i=1:1:iprobmax

```

```

PSE(i)=0;
PSI(i)=0;
PII(i)=0;
for j=0:1:i
for k=(j-1):1:j

```

```

if k ~= -1
if k<= i-1

```

```

PSE(i)=PSE(i)+(1-p)^(k*(i-1))*prod(1:(i-1))/prod(1:k)/prod(1:(i-1-k))*(1-(1-p)^(i*j-
k*(i-1)))*(pA^i*pB^j*(1-pB)^(i-j)+pA^j*pB^i*(1-pA)^(i-j));

```

```

end
end
end
end

```

```

PSE(i)=PSE(i)-(1-p)^((k-1)*(i-1))*prod(1:(i-1))/prod(1:(k-1))/prod(1:(i-1-(k-1)))*(1-
(1-p)^(i*j-(k-1)*(i-1)))*(pA^i*pB^j);

```

```

for l=1:1:(i-1)
for m=0:1:(l-1)
for n=(l-1):1:l
for o=(m-1):1:m

```

```

if o ~= -1

```

```

PSI(i)=PSI(i)+prod(1:(i-1))/prod(1:n)/prod(1:(i-1-n))*prod(1:(i-
1))/prod(1:o)/prod(1:(i-1-o))*(1-p)^(n*o)*(1-(1-p)^(l*m-n*o))*(pA^l*(1-pA)^(i-
l)*pB^m*(1-pB)^(i-m)+pA^m*(1-pA)^(i-m)*pB^l*(1-pB)^(i-l));

```

```

end
end

```

```
end
end
```

```
Pll(i)=Pll(i)+pA^l*pB^l*(1-pA)^(i-l)*(1-pB)^(i-l)*(prod(1:(i-1))^2/prod(1:n)^2/prod(1:(i-1-n))^2*(1-p)^(n^2)*(1-(1-p)^(l^2-n^2))+prod(1:(i-1))^2/prod(1:o)^2/prod(1:(i-1-o))^2*(1-p)^(o^2)*(1-(1-p)^(l^2-o^2))+2*prod(1:(i-1))/prod(1:n)/prod(1:(i-1-n))*prod(1:(i-1))/prod(1:o)/prod(1:(i-1-o))*(1-p)^(n*o)*(1-(1-p)^(l^2-n*o)));
end
```

```
PTOTAL(i)=PSE(i)+PSI(i)+Pll(i);
end
```

```
save mel melhorset
save PTOT PTOTAL
save custorece cR
save pe p
save pea pA
save peb pB
save iprob iprobmax
save be b
```

```
dab=fzero('front',A((z-1),10));
```

```
A(z,1)=cR;
A(z,2)=pA;
A(z,3)=pB;
A(z,4)=p;
A(z,5)=Numam;
A(z,6)=Numbm;
A(z,7)=1-somaprob;
A(z,8)=melhorset;
A(z,9)=desvset;
A(z,10)=dab;
```

```
load result
load desv
load time
load somap
load ih
```

```
A(z,11)=i;
A(z,12)=timetomkt;
A(z,13)=desvpoint;
A(z,14)=1-somaptot;
```

```
z=z+1;
soma=0;
somaprob=0;
result=0;
```

```

desvset=0;
desvpoint=0;
melhorset=0;
end
end

```

Abaixo, temos a subrotina Front.

```

function f=front(w)

load mel
load PTOT
load custorece
load pe
load pea
load peb
load iprob
f=0;

timetomkt=0;
x2=0;
resultado=0;
desvpoint=0;
somaptot=0;
resultsoma=0;

i=1;
result=PTOTAL(i)*(1-(i-1)/w-2*i*cR);
somaptot=somaptot+PTOTAL(i);
tramo=(1-somaptot)*2*i*cR;
resultsoma=resultsoma+result;
resultado=resultsoma-tramo;
x2=x2+PTOTAL(i)*(1-(i-1)/w-2*i*cR)^2;
timetomkt=timetomkt+i*PTOTAL(i);
resultadoantes=-2;

while resultado-resultadoantes > 0.0001
resultadoantes=resultado;
i=i+1;
result=PTOTAL(i)*(1-(i-1)/w-2*i*cR);
somaptot=somaptot+PTOTAL(i);
tramo=(1-somaptot)*2*i*cR;
resultsoma=resultsoma+result;
resultado=resultsoma-tramo;
x2=x2+PTOTAL(i)*(1-(i-1)/w-2*i*cR)^2;
timetomkt=timetomkt+i*PTOTAL(i);
end

```

```

resultado=resultadoantes;

f=resultado-melhorset;

x2=x2-PTOTAL(i)*(1-(j-1)/w-2*i*cR)^2;      % EXCLUIR A ÚLTIMA CONTRIB.
(PASSOU PONTO MÁXIMO) PARA A VARIÂNCIA.
timetomkt=timetomkt-i*PTOTAL(i);
somaptot=somaptot-PTOTAL(i);
i=i-1;      % VOLTAR O APONTADOR PARA O PONTO DE MÁXIMO
x2=x2+(1-somaptot)*(-2*i*cR)^2;      % LEVAR EM CONSIDERAÇÃO O
TRAMO DO FRACASSO NO INSTANTE DE MÁXIMO.
desvpoint=sqrt(x2-resultado^2);

save ih i
save somap somaptot
save result resultado
save desv desvpoint
save time timetomkt

```

B9 – A ROTINA “FRONT2CIAP” .

A rotina “Front2ciap” que busca a fronteira para o desenvolvimento de um produto constituído de dois componentes está apresentada abaixo. Ela se utiliza da subrotina Findw2ap que vem apresentada em seguida.

```

Numam=0;
Numbm=0;
somavelh=0;
result=0;
melhorset=0;
soma=0;
somaprob=0;
desvset=0;
desvpoint=0;
somacusto=0;
valorset=0;
somaN=0;
x2=0;
NUMAM(100)=0;
NUMBM(100)=0;
PROB(100)=0;
iprobmax=66;
b=.32193;
pA=.1
pB=.8

```

z=2

A(1,13)=140; '

```
cR=.005;
inicioNa=22;
inicioNb=1;
ultimoNumam=50;
ultimoNumbm=8;
probfalha=1;
timetomktset=0;
```

p=.8

```
for NA=inicioNa:1:ultimoNumam; %
```

```
for NB=inicioNb:1:ultimoNumbm; %
PR(NA,NB)=somaset(NA,NB,pA,pB,p);
end
end
```

```
for i=1:1:iprobmax
```

```
PSE(i)=0;
PSI(i)=0;
PII(i)=0;
for j=0:1:i
for k=(j-1):1:j
```

```
if k ~= -1
if k <= i-1
```

```
PSE(i)=PSE(i)+(1-p)^(k*(i-1))*prod(1:(i-1))/prod(1:k)/prod(1:(i-1-k))*(1-(1-p)^(i*-
k*(i-1)))*(pA^i*pB^j*(1-pB)^(i-j)+pA^j*pB^i*(1-pA)^(i-j));
```

```
end
end
```

```
end
```

```
end
```

```
PSE(i)=PSE(i)-(1-p)^((k-1)*(i-1))*prod(1:(i-1))/prod(1:(k-1))/prod(1:(i-1-(k-1)))*(1-
(1-p)^(i*j-(k-1)*(i-1)))*(pA^i*pB^j);
```

```
for l=1:1:(i-1)
for m=0:1:(l-1)
for n=(l-1):1:l
for o=(m-1):1:m
```

```
if o ~= -1
```

```
PSI(i)=PSI(i)+prod(1:(i-1))/prod(1:n)/prod(1:(i-1-n))*prod(1:(i-
1))/prod(1:o)/prod(1:(i-1-o))*(1-p)^(n*o)*(1-(1-p)^(l*m-n*o))*(pA^l*(1-pA)^(i-
l)*pB^m*(1-pB)^(i-m)+pA^m*(1-pA)^(i-m)*pB^l*(1-pB)^(i-l));
```

```
end
```

```
end
end
end
```

```
PII(i)=PII(i)+pA^l*pB^l*(1-pA)^(i-l)*(1-pB)^(i-l)*(prod(1:(i-
1))^2/prod(1:n)^2/prod(1:(i-1-n))^2*(1-p)^(n^2)*(1-(1-p)^(l^2-n^2)))+prod(1:(i-
1))^2/prod(1:o)^2/prod(1:(i-1-o))^2*(1-p)^(o^2)*(1-(1-p)^(l^2-o^2))+2*prod(1:(i-
1))/prod(1:n)/prod(1:(i-1-n))*prod(1:(i-1))/prod(1:o)/prod(1:(i-1-o))*(1-p)^(n*o)*(1-
(1-p)^(l^2-n*o));
```

```
PTOTAL(i)=PSE(i)+PSI(i)+PII(i);
```

```
end
```

```
save PTOT PTOTAL
save custorece cR
save pe p
save pea pA
save peb pB
save iprob iprobmax
save be b
save inia inicioNa
save ultimoa ultimoNumam
save ultimob ultimoNumbm
save PERRE PR
```

```
dab=fzero('findw2ap',A((z-1),13))
```

```
load valor
load des
load somp
load timeset
load NUMA
load MUMB
load na
load nb
load ka
```

```
% POINT
load result
load desv
load time
load ih
load somapt
```

```
A(z,1)=cR;
A(z,2)=pA;
A(z,3)=pB;
A(z,4)=p;
A(z,5)=NUMAM(1);
A(z,6)=NUMBM(1);
A(z,7)=NUMAM(2);
A(z,8)=NUMBM(2);
A(z,9)=k;
A(z,10)=1-somaprob;
A(z,11)=valorset;
A(z,12)=desvset;
A(z,13)=dab;
A(z,14)=timetomktset;
A(z,15)=resultado;
A(z,16)=1-somaptot;
A(z,17)=i;
A(z,18)=timetomkt;
A(z,19)=desvpoint;
```

```
z=z+1;
```

```
ultimoNumam=namax; %
ultimoNumbm=nbmax;
inicioNa=NUMAM(1)-20;
inicioNb=NUMBM(1)-20;
```

```
if inicioNa<0
inicioNa=1;
```



```
end
if inicioNb<0
inicioNb=1;
end

timetomkt=0;
resultado=0;

soma=0;
somaprob=0;
result=0;
desvset=0;
desvpoint=0;
melhorset=0;

end
```

A subrotina Findw2ap está apresentada abiaox.

```
function f=findw2ap(w)
```

```
load be
load pe
load custorece
load inia
load inib
load ultimoa
load ultimob
load PERRE
load iprob
load PTOT
```

```
probfalha=1;
timetomktset=0;
result=0;
melhorset=0;
soma=0;
somaprob=0;
desvset=0;
desvpoint=0;
somacusto=0;
valorset=0;
somaN=0;
x2=0;
x2p=0;
```

```

NA=0;
NB=0;
namax=0;
nbmax=0;
contrib=0;
NUMAM(200)=0;
NUMBM(200)=0;
PROB(200)=0;
k=1

for NA=inicioNa:1:ultimoNumam
for NB=inicioNb:1:ultimoNumbm

result=PR(NA,NB)*(1-(k-1)/w)-cR*(NA+NB);

if result > melhorset;
melhorset = result;
PROB(k)=PR(NA,NB);
NUMAM(k)=NA;
NUMBM(k)=NB;
end
end
end

contrib = probfalha*melhorset;
somacusto=somacusto+cR*(NUMAM(k)+NUMBM(k));
x2=x2+probfalha*PROB(k)*((1-(k-1)/w)-somacusto)^2;

while contrib >0

valorset=valorset+contrib;
somaprob=somaprob+probfalha*PROB(k);
timetomktset=timetomktset+k*probfalha*PROB(k);

k=k+1;

somaN=somaN+NUMAM(k-1)+NUMBM(k-1);
melhorset=0;
for NA=inicioNa:1:ultimoNumam; % COLOQUEI NUMAN E NUMBM PQ QDO
CORRE PARA pA, pB E p MUITO BAIXOS O N É GRANDE MAS DEPOIS VAI
ABAIXANDO E SE DEIXAR FIXO NA ATÉ 50 ELE VAI FAZER SEMPRE ATÉ
50 O Q DEMORA
for NB=inicioNb:1:ultimoNumbm; % OUTRA COISA IMPORTANTE É O FATO
DE QUE TEMOS QUE USAR O FRONTEIR DENTRO DAS CONDIÇÕES DE
EXISTÊNCIA DO SET.

result=PR(NA,NB)*(1-(k-1)/w)-cR*somaN^(-b)*(NA+NB);

if result > melhorset;

```

```

melhorset = result;
PROB(k)=PR(NA,NB);
NUMAM(k)=NA;
NUMBM(k)=NB;
end
end
end

if NUMAM(k)>namax
namax=NUMAM(k);
end

if NUMBM(k)>nbmax
nbmax=NUMBM(k);
end

probfalha=probfalha*(1-PROB(k-1));
contrib = probfalha*melhorset;
somacusto=somacusto+cR*somaN^(-b)*(NUMAM(k)+NUMBM(k));
x2=x2+probfalha*PROB(k)*((1-(k-1)/w)-somacusto)^2;
end

x2=x2-probfalha*PROB(k)*((1-(k-1)/w)-somacusto)^2;
probfalha=probfalha/(1-PROB(k-1));
somacusto=somacusto-cR*somaN^(-b)*(NUMAM(k)+NUMBM(k));
k=k-1; % VOLTAR APONTADO PARA PONTO DE
MÁXIMO
x2=x2+probfalha*(1-PROB(k))*(-somacusto)^2; % CONSIDERAR O TRAMO
DE FRACASSO NO PONTO DE MÁXIMO

desvset=sqrt(x2-valorset^2);

% POINT

timetomkt=0;
x2p=0;
resultado=0;
desvpoint=0;
somaptot=0;
resultsoma=0;

```

```

i=1;
result=PTOTAL(i)*(1-(i-1)/w-2*i*cR);
somaptot=somaptot+PTOTAL(i);
tramo=(1-somaptot)*2*i*cR;
resultsoma=resultsoma+result;
resultado=resultsoma-tramo;
x2p=x2p+PTOTAL(i)*(1-(i-1)/w-2*i*cR)^2;
timetomkt=timetomkt+i*PTOTAL(i);
resultadoantes=-2;

while ((resultado-resultadoantes) > 0.0001)
resultadoantes=resultado;
i=i+1;
result=PTOTAL(i)*(1-(i-1)/w-2*i*cR);
somaptot=somaptot+PTOTAL(i);
tramo=(1-somaptot)*2*i*cR;
resultsoma=resultsoma+result;
resultado=resultsoma-tramo;
x2p=x2p+PTOTAL(i)*(1-(i-1)/w-2*i*cR)^2;
timetomkt=timetomkt+i*PTOTAL(i);
end

resultado=resultadoantes;

f=resultado-valorset

x2p=x2p-PTOTAL(i)*(1-(i-1)/w-2*i*cR)^2;          % EXCLUIR A ÚLTIMA
CONTRIB. (PASSOU DO MÁXIMO) PARA A VARIÂNCIA.
timetomkt=timetomkt-i*PTOTAL(i);
somaptot=somaptot-PTOTAL(i);

i=i-1;          % VOLTAR O APONTADO PARA O PONTO DE
MÁXIMO
x2p=x2p+(1-somaptot)*(-2*i*cR)^2;          % LEVAR EM CONSIDERAÇÃO
O TRAMO DO FRACASSO NO INSTANTE DE MÁXIMO.

desvpoint=sqrt(x2p-resultado^2);

% SET
save valor valorset
save des desvset
save somp somaprob
save timeset timetomktset
save NUMA NUMAM

```

```

save MUMB NUMBM
save na namax
save nb nbmax
save ka k

% POINT
save ih i
save result resultado
save desv desvpoint
save time timetomkt
save somapt somaptot

```

B10 – A ROTINA “SOMASET” .

Rotina que calcula a probabilidade de se obter o sucesso no primeiro ciclo do desenvolvimento, pela abordagem *Set-Based*, de um produto constituído por dois componentes. Trata-se da rotina que faz o mapeamento da probabilidade para se encontrar o par de alternativas N_A^* e N_B^* que maximiza o Valor Esperado do resultado econômico. Diante do par N_A^* e N_B^* , a probabilidade de se encontrar o sucesso no primeiro ciclo é denominada $somaprob^*$ e apresentada na expressão 5.6 do capítulo 5 do trabalho. A rotina é utilizada também para se encontrar os pares de alternativas $N_A^*(k)$ e $N_B^*(k)$ que devem ser conduzidas ao k -ésimo ciclo de desenvolvimento de forma a maximizar a contribuição deste ciclo de desenvolvimento ao Valor Esperado.

```

function y=somaset(NA,NB,pA,pB,p)

summ=0;
for k1=0:1:NA
for k2=0:1:NB
summ=summ+prod(1:NA)/prod(1:k1)/prod(1:(NA-k1))*pA^k1*(1-pA)^(NA-
k1)*prod(1:NB)/prod(1:k2)/prod(1:(NB-k2))*pB^k2*(1-pB)^(NB-k2)*(1-(1-
p)^(k1*k2));
end
end

y=summ;

```

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELL, D. F. (1978) "Strategic Windows – The Time to invest in a product or market is when a 'strategic window' is open". *Journal of Marketing* (July), p. 21-26.
- BABBIE, E. (1998) *The Practice of Social Research*. Wadsworth Publishing Company. Thomson Publishing. 8th. Ed.
- BALOFF, N. (1971) "Extensions of the Learning Curve- Some Empirical Results". *Operational Research Quarterly*. Vol 22 N. 4. P. 329 –340.
- BOLWIJN, P. T.; KUMPE, T. (1990) "Manufacturing in the 1990s – Productivity, Flexibility and Innovation". *Lang Range Plannig*, 23, 4, p. 44-57.
- CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. (1991) *Product Development Performance*. Harvard Business School Press.
- CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. (1993) *Revolutionizing Product Development*. The Free Press. New York.
- COHEN, M. A. *et al.* (1996) "New Product Development: The Performance and Time-To-Market Tradeoff". *Management Science* 42, 2 (Feb), p. 173-186.

- DAHAN, E. (1998) "Reducing Technical Uncertainty in Product and Process Development Through Parallel Design of Prototypes". Stanford University. <http://web.mit.edu/edahan/www/WorkingPaperParallelTestingTechnicalFeasibilitybyDahanMendelson.pdf>
- DANE, F. C. (1990) *Research Methods*. Brooks/Cole Publishing Company.
- EISENHARDT, K. M. (1989) "Making fast strategic decisions in high-velocity environments". *Academy of Management Journal*, 32, 3, p. 543-579.
- EISENHARDT, K. M.; TABRIZI, B. N. (1995) "Accelerating adaptive processes: Product innovation in the global computer industry". *Administrative Science Quarterly*, 40, 1, p. 84-110.
- ETTLIE, J. E.; STOLL, H. W. (1990) *Managing the design-Manufacturing Process*. McGraw-Hill Inc.
- GUPTA, A. K. *et al.* (1986) "A Model For Studying R&D-Marketing Interface in the Product Innovation Process". *Journal of Marketing* 50, (April), p. 7-17.
- HULL, F. M. *et al.* (1996) "Composite Forms of Organization as a Strategy for Concurrent Engineering Effectiveness". *IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT*, 43, 2, p. 133-142.

- IANSITI, M. (1995) "Shooting The Rapids: Managing Product Development In Turbulent Environments". *California Management Review* 38, 1 (Fall), p. 37-58.
- JO, H. H. *et al.* in PARSAEI, H. R.; SULLIVAN, W. G. (1993) *Concurrent Engineering*. Chapman & Hall.
- JOGLEKAR, N. R. *et al.* (2001) "Performance of Coupled Product Development Activities with a Deadline". *Management Science* 47, 12 (Dec), p. 1605-1620.
- LAWRENCE, P. R.; LORSCH, J. W. (1969) *Organization and Environment. Managing Differentiation and Integration*. Richard D. Irwin, Inc. 1st Ed.
- LOCH, C. H. *et al.* (2001) "Parallel and Sequential Testing of Design Alternatives". *Management Science*, 45, 5 (May), p. 663-678.
- PUGH, S. (1991) *Total Design*. Addison-Wesley Publishers,. Massachussets.
- SHIGLEY, J. E.; MITCHELL, L. D. (1983) *Mechanical Engineering Design*. Mcgraw-Hill. 4th Ed.
- SMITH, R. P.; EPPINGER, S. D. (1997) "Identifying Controlling Features of Engineering Design Iteration". *Management Science* 43, 3 (March), p. 276-293.
- SMITH, P. G.; REINERTSEN, D. G. (1998) *Developing Products in Half The Time*. John Wiley & Sons, Inc. 2nd. E.

SOBEK, D. K.II (1997) *Principles that Shape Product Development Systems: A Toyota-Chrysler Comparison*. Michigan. PhD Dissertation.

SOBEK, D. K.; *et al.* (1999) "Toyota's Principles of Set-Based Concurrent Engineering". *Sloan Management Review*, 40, 2 p. 67-82.

SRINIVASAN, V. *et al.* (1997) "Integrated Product Design fo Marketability and Manufacturing". *Journal of Marketing Research* 34, (Feb), p. 154-163.

SYAN, C. S.; MENON, U. (1994) *Concurrent Engineering: concepts, implementation and practice*. Chapman &Hall. London.

TAKEUCHI, H.; NONAKA, I. (1986) "The new new development game". *Harvard Business Review*, (Jan-Feb), p. 137-146.

TERWIESCH, C.; LOCH, C. H. (1999) "Measuring the Effectiveness of Overlapping Development Activities". *Mangement Science*, 45, 4 (April), p. 455-465.

TIDD,J. *et al.* (1997) *Managing Innovation*. John Wiley & Sons, Inc.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. (2000) "*Product Design and Development*. 2nd. Edition . McGraw-Hill.

- WARD, A. *et al.* (1995) "The second Toyota Paradox: How Delaying Decisions Can Make Better Cars Faster". *Sloan Management Review*, 36 (Spring), p. 43-61.
- WARD, A; SEERING, W (1989) "Quantitative Inference in a Mechanical Design Compiler" (Montreal: Proceedings of the First International ASME Conference on Design Theory and Methodology, September 1989), p. 89-97, apud WARD, A. *et al.* (1995) "The second Toyota Paradox: How Delaying Decisions Can Make Better Cars Faster". *Sloan Management Review*, 36 (Spring), p. 43-61.
- WEITZMAN, M. L. (1979) "Optimal Search for the Best Alternative". *Econometrica*, 47, 3 (May), p. 641-654.
- WOMACK, J. P. *et al.* (1992) *A Máquina que Mudou o Mundo*. Editora Campus.
- WU, S. (2000) "A Probabilistic Model of 'Set-Based' Design". <http://www-math.mit.edu/phase2/UJM/vol1/WU-F.PDF>