

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**DESENVOLVIMENTO DE MELHORIAS PARA A GESTÃO**  
**EM PROJETOS USANDO SISTEMAS DINÂMICOS E**  
**ANÁLISE DO PONTO DE INFLEXÃO**

**ADRIANO OLIVEIRA AMARAL**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. LUIS FERNANDO RAMOS MOLINARO**  
**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**PUBLICAÇÃO 061/08**  
**BRASÍLIA/DF**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**DESENVOLVIMENTO DE MELHORIAS PARA A GESTÃO EM  
PROJETOS USANDO SISTEMAS DINÂMICOS E ANÁLISE DO  
PONTO DE INFLEXÃO**

**ADRIANO OLIVEIRA AMARAL**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA ELÉTRICA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
ENGENHARIA ELÉTRICA.**

**APROVADA POR:**

---

**Prof. Dr. LUIS FERNANDO RAMOS MOLINARO (ENE-UnB)  
(Orientador)**

---

**Prof. Dr. JOÃO MELLO DA SILVA (ENE-UnB)**

---

**Prof. Dr. ANNIBAL AFONSO NETO (ADM-UnB)  
(Examinador externo)**

**BRASÍLIA/DF, 31 de outubro de 2008**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

AMARAL, ADRIANO O.

Desenvolvimento de melhorias para a gestão em projetos usando sistemas dinâmicos e análise do ponto de inflexão [Distrito Federal] 2008.

(ENE/FT/UnB, Mestre, Engenharia Elétrica, 2008).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Elétrica

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

gerenciamento, PMBok, sistemas dinâmicos, ponto de inflexão, PERT/CPM, sistemas sociais, projetos, telecomunicações, serviços, escopo, EAP, estudo de caso, gerente de projetos,

## **CESSÃO DE DIREITOS**

AUTOR: Adriano Oliveira Amaral

TÍTULO: Desenvolvimento de melhorias para a gestão em projetos usando sistemas dinâmicos e análise do ponto de inflexão

GRAU: Mestre

ANO: 2008

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Adriano Oliveira Amaral

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus que através da vontade em mim possibilitou a realização desse trabalho...

A minha esposa dedicada que soube libertar-me da inércia e teve a paciência de me suportar ao longo desse trabalho...

A meus pais, que são os alicerces dessa obra...

Aos professores e orientadores, que guiaram os passos dessa pesquisa, em especial ao prof. Dr. João Mello Silva que me apresentou aos Sistemas Dinâmicos, ao prof. Dr. Luis Fernando Ramos Molinaro pela objetividade na condução da pesquisa e a Joselice Ferreira Lima, que ajudou a organizar esse trabalho...

Aos amigos que diretamente ou indiretamente contribuíram para a finalização desta pesquisa.

Dedicado às grandes realizações do homem, que avança inexoravelmente para o futuro grandioso que o espera.

## **RESUMO**

### **DESENVOLVIMENTO DE MELHORIAS PARA A GESTÃO EM PROJETOS USANDO SISTEMAS DINÂMICOS E ANÁLISE DO PONTO DE INFLEXÃO**

**Autor: Adriano Oliveira Amaral**

**Orientador: Prof. Dr. Luis Fernando Ramos Molinaro**

**Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica**

**Brasília, 31 do mês Outubro de 2008**

Este trabalho visa apresentar uma abordagem que propõe uma relação entre o comportamento e o sucesso de um projeto, considerando os efeitos de seu gerenciamento. Nesta abordagem, identificam-se os fatores que dificultam o gerenciamento de projeto. Observa-se que alguns autores referenciados apontam que as causas na falha de cumprimento do cronograma de projetos são relacionadas a ambientes sociopolíticos, acordos legais e fatores humanos. Para examinar a dinâmica de gerenciamento de projetos, será utilizada a técnica em que se estabelece uma forma de monitorar os pontos de inflexões para testar modelos dinâmicos e simulações, que será demonstrada por meio de um estudo de caso. A principal contribuição deste artigo é a possibilidade de testar a metodologia no cenário de gerenciamento de projetos, bem como estabelecer uma forma de medir o desempenho de projetos levando em consideração esses aspectos dinâmicos.

## **ABSTRACT**

### **DEVELOPMENT OF IMPROVEMENTS FOR PROJECT MANAGEMENT IN USING DYNAMIC SYSTEMS AND ANALYSIS OF TIPPING POINTS**

**Author: Adriano Oliveira Amaral**

**Supervisor: Prof. Dr. Luis Fernando Ramos Molinaro**

**Brasília, October 31<sup>th</sup> of 2008**

This paper aims to present an approach that suggests a link between the conduct and success of a project, considering the effects in their management. This approach is identifying the factors that make it difficult to project management. It is observed that some authors suggest that referenced the causes of failure in meeting the timetable of projects are related to socio-political environments, legal agreements and human factors. To examine the dynamics of project management is a technique used in a way that is established to monitor the tipping points to test models and dynamic simulations, which will be demonstrated through a case study. The main contribution of this paper is the possibility of testing the methodology in the scenario of project management and establish a way to measure the performance of projects taking into account the dynamic aspects.





# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
1.1. CONTEXTO .....	7
1.2. O PROBLEMA DO DINAMISMO EM PROJETOS .....	9
1.3. OBJETIVO GERAL .....	9
1.3.1. <i>Objetivos específicos</i> .....	9
1.4. PROPOSTA DE SOLUÇÃO .....	10
1.5. ESCOPO E LIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	12
1.6. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	12
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
2.1. CONCEITUAÇÃO DE PROJETO .....	14
2.2. CICLO DE VIDA DO PROJETO .....	16
2.3. GESTÃO DE PROJETO.....	18
2.4. CONJUNTO DE CONHECIMENTOS DA GESTÃO DE PROJETOS.....	19
2.4.1. <i>Gerente do projeto</i> .....	20
2.4.2. <i>Áreas de conhecimento da gestão em projetos</i> .....	21
2.5. GERENCIAMENTO DO ESCOPO DO PROJETO.....	22
2.5.1. <i>Estrutura analítica do trabalho</i> .....	22
2.5.2. <i>Cronograma do projeto</i> .....	24
2.5.3. <i>Linha de base do cronograma</i> .....	27
2.5.4. <i>Método do caminho crítico</i> .....	27
2.6. TÉCNICA DO VALOR AGREGADO .....	29
2.7. COMO SURTIU A DINÂMICA DE SISTEMAS.....	32
2.8. SISTEMAS DINÂMICOS: CONCEITO.....	33
2.9. MODELAGEM SOFT – DIAGRAMA DE ENLACE CAUSAL .....	35
2.10. MODELAGEM HARD – DIAGRAMAS DE ESTOQUE E FLUXO .....	37
2.10.1. <i>Estoque (stocks), ou nível</i> .....	38
2.10.2. <i>Fluxos (flows) e taxas</i> .....	39
2.10.3. <i>Auxiliares: Conversores ou constantes</i> .....	40
2.10.4. <i>Conectores, ou links de informação</i> .....	41

<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: SISTEMAS DINÂMICOS APLICADOS À GESTÃO DE PROJETOS.....</b>	<b>42</b>
3.1. A NATUREZA DAS FALHAS EM PROJETOS E A ABORDAGEM TRADICIONAL .....	42
3.2. CONTROLE EM PROJETOS .....	43
3.3. CICLO DE RETRABALHO .....	44
3.4. GESTÃO DE RECURSOS HUMANOS E CONTROLE EM PROJETOS.....	46
3.5. USO DOS MODELOS DINÂMICOS .....	47
3.6. ABORDAGEM TRADICIONAL E SISTEMAS DINÂMICOS .....	47
3.7. MODELO DINÂMICO PARA ANÁLISE DE PONTO DE INFLEXÃO.....	54
<b>4. PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PROJETOS.....</b>	<b>57</b>
4.1. DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DE PESQUISA.....	57
4.2. ADEQUAÇÕES AO MODELO DINÂMICO.....	58
4.3. VALIDAÇÃO DO MODELO E COMPORTAMENTO TÍPICO.....	59
4.4. ESTRUTURA DOS PONTOS DE INFLEXÃO .....	63
4.4.1. <i>Condições do ponto de inflexão.....</i>	<i>64</i>
4.5. GERENCIAMENTO DE PROJETOS PRÓXIMOS AO PONTO DE INFLEXÃO.....	66
4.5.1. <i>Evitar pontos de inflexão.....</i>	<i>66</i>
4.5.2. <i>Promover o gerenciamento de recursos .....</i>	<i>67</i>
4.5.3. <i>Impacto do gerenciamento de recursos em projetos que estão degradando ..</i>	<i>68</i>
4.5.4. <i>Tempos de ajuste de recursos.....</i>	<i>69</i>
4.5.5. <i>Realizar o gerenciamento de estoque .....</i>	<i>70</i>
4.5.6. <i>Realizar o gerenciamento de cronograma.....</i>	<i>70</i>
4.6. MELHORIAS NA GESTÃO DE PROJETOS .....	71
4.6.1. <i>Adequação de variável e seu monitoramento.....</i>	<i>71</i>
4.6.2. <i>Unidade de trabalho e EAP.....</i>	<i>72</i>
4.6.3. <i>Registro das unidades de trabalho .....</i>	<i>73</i>
4.6.4. <i>Mapa dinâmico do projeto .....</i>	<i>74</i>
4.5.5. <i>Elementos de gerenciamento do projeto (resumo).....</i>	<i>74</i>
<b>5. RESULTADOS OBSERVADOS E ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>75</b>
5.1. INFLUÊNCIAS EXÓGENAS NA DINÂMICA DE PONTOS DE INFLEXÃO .....	75
5.2. INFLUÊNCIAS ENDÓGENAS LEVANDO PROJETO A FALHAR .....	78
5.3. EFEITOS CONJUGADOS (INTERNOS E EXTERNOS).....	83

5.4.	ESTUDO DE CASO – APLICAÇÃO EM PROJETOS.....	84
5.4.1.	<i>Projeto A – Implantação de serviço para leitura de e-mail no celular</i> .....	85
5.4.2.	<i>Projeto B – Bônus não gera bônus</i> .....	88
5.5.	ANÁLISE DOS CASOS APRESENTADOS.....	91
5.5.1.	<i>Considerações Finais</i> .....	93
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>95</b>
<input type="checkbox"/>	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	95
<input type="checkbox"/>	CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO.....	97
<input type="checkbox"/>	VANTAGENS E DESVANTAGENS .....	97
<input type="checkbox"/>	RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	98
<input type="checkbox"/>	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	99
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>101</b>
	<b>APÊNDICE A – RESUMO PROCESSOS SEGUNDO ÁREAS DE CONHECIMENTO PMBOK (2004) .....</b>	<b>105</b>
	<b>APÊNDICE B - METODOLOGIA DE PROJETOS DA EMPRESA EM ESTUDO...110</b>	
	<b>APÊNDICE C – EQUAÇÕES MODELO DINÂMICO .....</b>	<b>134</b>
	<b>APÊNDICE D – EXEMPLO RAP – RELATÓRIO DE ACOMPANHAMENTO DE PROJETOS .....</b>	<b>135</b>
	<b>APÊNDICE E – DADOS DAS SIMULAÇÕES .....</b>	<b>138</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fases no ciclo de vida dos projetos .....	16
Figura 2 – Inter-relacionamento entre as fases do ciclo de vida do projeto .....	17
Figura 3 – Incerteza do risco e possibilidade de modificação em projetos.....	18
Figura 4 – Áreas de conhecimentos PMBOK 2004.....	21
Figura 5 – EAP, representada por tópicos.....	23
Figura 6 – WBS, representada por gráfico .....	23
Figura 7 – Diagrama de interdepêndecias – PMBOK 2004.....	25
Figura 8 – Cronograma do projeto Exemplos Gráficos .....	26
Figura.9 – Exemplo de caminho crítico utilizando software de gerenciamento de projeto ....	28
Figura 10 - Relatório de desempenho gráfico (ilustrativo) – Fonte: PMBOK 2004 .....	32
Figura 11 – Exemplos de diagramas causais .....	35
Figura 12 – Estrutura básica de relacionamentos .....	36
Figura 13 – Representação de atrasos .....	36
Figura 14 – Exemplo de estoques .....	38
Figura 15 – Exemplo representação fluxo no VENSIM .....	40
Figura 16 - Estrutura de retroalimentação.....	41
Figura 17 – Abordagem dinâmica baseada em retrabalho .....	44
Figura 18 – Ciclo de retrabalho .....	45
Figura 19 – Gerenciamento de recursos humanos em controle de projetos.....	46
Figura 20 – Abordagem tradicional com ciclo PDCA.....	49
Figura 21 - Representação simplificada do modelo SD de projetos.....	50
Figura 22 – Perspectiva integrada dos processos de gerenciamento e engenharia (RODRIGUES, 2000) .....	52
Figura 23 - Método simplificado para análise de inflexão .....	59

Figura 24 - Comportamento típico de um projeto .....	60
Figura 25 – Modelo para simulação no VENSIM .....	60
Figura 26– Tela com as configurações do modelo VENSIM.....	61
Figura 27 - Evolução de três projetos próximos ao ponto de inflexão .....	62
Figura 28 – Enlaces causais da dinâmica de projeto.....	64
Figura 29 – Condição básica para o ponto de inflexão .....	65
Figura 30- Uso de recursos para salvar o projeto .....	68
Figura 31 – Tempo de ajuste de recursos para salvar projetos.....	69
Figura 32– Flexibilização de projetos cruzando o ponto de inflexão .....	71
Figura 33 - Estoque do projeto (TR, CQ e RT) .....	80
Figura 34 – Variação do Estoque diante de Influência Exógena.....	76
Figura 35 – Projeto sobre influência externa,cruzando o ponto de inflexão.....	77
Figura 36 – Comparativo dos tempos para conclusão dos projetos.....	78
Figura 37 - Mapa de reforço entre pressão por entrega e retrabalho .....	79
Figura 38 – Modelo VENSIM para simulação da pressão por entrega .....	81
Figura 39- Efeitos da pressão por entrega no desempenho de projetos.....	82
Figura 40 – Efeito da pressão pela entrega no desenvolvimento de projetos.....	82
Figura 41– Efeitos de fatores exógenos e endógenos em um mesmo projeto.....	83
Figura 42 – EAP do piloto projeto Blackberry .....	85
Figura 43 – EAP de adequações do piloto para versão comercial da solução .....	86
Figura 44 – MDP projeto A.....	88
Figura 45 - Fluxo para tratamento do CDR na plataforma pré-pago.....	89
Figura 46 – MDP para acompanhamento projeto B .....	91
Figura 47 – Simulação para análise projeto A.....	92
Figura 48 – Evolução estoque de trabalho projeto A.....	92
Figura 49 – Panorama dos projetos ano 2007 empresa em análise .....	99

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Tipos de projetos.....	15
Quadro 2 – Exemplos de variáveis .....	38
Quadro 3 - Quadro comparativo da abordagem de SD <i>versus</i> abordagem tradicional.....	53
Tabela 1 – Variáveis aplicadas as simulações típicas .....	62
Tabela 2 – Acompanhamento do projeto A.....	87
Tabela 3 – Acompanhamento do projeto “B” .....	

# 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo será abordado o contexto em que se insere esta pesquisa, o problema que o motivou, os objetivos, as limitações, a proposta de solução e a estrutura final da pesquisa.

## 1.1. Contexto

A abertura dos mercados mundiais e a globalização têm promovido uma grande “feira mundial”, em que empresas e corporações expõem seus produtos e se submetem a uma concorrência sem precedentes. A constante adequação, a fim de garantir uma rápida adaptabilidade às mudanças é uma das características inerentes a esse cenário. Inovar é a palavra de ordem no mundo dos negócios, principalmente no mercado de telecomunicações. Com a orientação de ampliar a participação nos diversos mercados, as companhias precisam desenvolver novos produtos e serviços. Portanto inovar é descobrir, decidir e desenvolver novos produtos e serviços para o mercado.

Estudos revelam que os principais problemas ocorrem depois que o “sinal verde” é dado para o desenvolvimento e a concepção das tecnologias necessárias à produção de novos produtos. O gerenciamento de projetos tem por objetivo minimizar os problemas encontrados no desenvolvimento de novos produtos e serviços. Planejamento inadequado, quebras de coordenação, disputas de poder organizacional e recursos insuficientes são citados como as deficiências mais graves da fase de desenvolvimento do projeto.

A dinâmica de projetos sempre esteve associada ao processo de mudança. Atualmente, seu papel está multiplicado, dada a velocidade com que as mudanças vêm ocorrendo. Prosperidade organizacional pode ser traduzida como: implementação de vários projetos, rapidamente e com sucesso. A implementação com sucesso de um projeto depende da interação envolvendo diferentes e hostis condições, quando comparadas com o passado. Por exemplo, o “*time to market*” é um fator que pode levar o projeto a falhar simplesmente porque a “janela de oportunidade” foi deslocada. Outro bom exemplo: o cenário de rápida mudança e a implementação de novas tecnologias em um projeto podem agregar um risco novo inerente ao processo de inovação e, do mesmo modo, podem levar o projeto a ficar obsoleto.

A gestão de projetos mudou ao longo do tempo. O aumento de complexidade nas atividades explica essas mudanças. Quanto maiores as novidades e o poder da tecnologia, maior a ânsia de incorporar tais fatores no escopo dos projetos. A integração de diferentes tecnologias domina o escopo dos projetos atuais. Os sistemas são agora desenvolvidos com diferentes tipos de componentes e serviços, e os projetos são freqüentemente implementados em consórcio, nas modalidades de terceirização e subcontratação. Tudo isso trouxe novos desafios e problemas para a gestão em projetos.

A disciplina Gestão de Projetos foi desenvolvida com base no conhecimento das áreas exatas, ou nas “Leis da Física”, isto é, as áreas operacionais, que incluem elementos como: definições de trabalho, agendamento de recursos e planejamento de gastos e controladoria. Fica claro que é essencial em projetos o controle sobre os elementos operacionais. Pode-se afirmar que tal controle é realizado com certo sucesso. Para isso existem ferramentas e técnicas como WBS (Work Breakdown Structure), PERT/CPM (Program Evaluation and Review Technique - Critical Path Method) e a análise do valor agregado.

Percebe-se que análise de sistemas dinâmicos, aliada aos aspectos operacionais já conhecidos na gestão de projetos, pode trazer à tona elementos importantes associados à gestão de projetos. As falhas não dependem exclusivamente do desempenho dos líderes de projetos e dos recursos associados. A pesquisa das dinâmicas em gestão de projeto tem identificado vários fatores que levam o projeto a falhar. Alguns desses aspectos têm associação direta com o comportamento humano. Retrabalho, pressão para entrega e combate a “incêndios” foram identificados como elementos importantes na gestão em projetos. Outros pontos importantes que podem causar o insucesso em um projeto estão relacionados a efeitos de impacto, ou “ripple effects”.

A pesquisa corrente visa estabelecer uma relação entre os efeitos associados ao comportamento e o sucesso de um projeto e propor elementos gerenciáveis que possam ser monitorados para garantir ao gestor do projeto novos elementos na tomada de decisão ao longo do desenvolvimento do projeto. A idéia é disponibilizar uma ferramenta baseada em sistemas dinâmicos capaz de capturar os elementos dinâmicos (relacionados aos aspectos humanos).



## **1.2. O problema do dinamismo em projetos**

A inclusão de novas variáveis na gestão de projetos, principalmente aquelas relacionadas à subjetividade do comportamento humano dificultam os aspectos já conhecidos do gerenciamento de projetos. Entretanto, apenas com a aposta no capital humano as empresas são capazes de ajustar-se rapidamente à dinâmica dos mercados.

As organizações ainda não estão preparadas para lidar com esse cenário. Vários estudos, evidências empíricas e, até mesmo, o senso comum sugerem que os projetos falham antes de cumprir seus objetivos, enquanto outros são cancelados antes de chegarem ao fim. A relação entre a expectativa gerada e a complexidade dos desafios é uma característica humana. A pergunta que se segue é: sem essas expectativas os resultados podem ser atingidos ou a sobrecarga gerada, apesar de tudo, traz bons resultados ao projeto? Raramente a organização é capaz de estabelecer um nível ótimo. Entretanto, o cenário atual de gestão de projetos não visa apenas a uma “perfeição inatingível”. Há, em geral, um sentimento de entrega desnecessária e outros desgastes, que tendem a ocorrer com frequência. Ao mesmo tempo, as organizações aparentam estar falhando em um instinto básico de sobrevivência: aprender com os próprios erros. Problemas em projetos, parecem se repetir ao longo do tempo, como se tratasse de “doença” ou vírus, nos próximos projetos. Somente as organizações que se tornarem “organizações que aprendem” prosperarão no futuro.

Desse modo, é preciso ressaltar que não foi apenas um problema que originou ou motivou esta pesquisa, mas um conjunto de problemas que foram citados. Destaca-se que o principal problema motivador dessa pesquisa é a necessidade de busca de melhoria na área de gestão de projetos.

## **1.3. *Objetivo Geral***

O objetivo desta pesquisa é avaliar a aplicação da técnica de sistemas dinâmicos e a análise do ponto de inflexão à disciplina de gerenciamento de projeto e propor melhorias para a mesma utilizando essa abordagem.

### **1.3.1. *Objetivos específicos***

- Elaborar uma revisão bibliográfica dos temas da pesquisa, tais como: Gerenciamento de Projetos, Sistemas dinâmicos, Sucesso em projetos, etc.

- Desenvolver uma revisão específica sobre a teoria de sistemas dinâmicos e aplicação à gestão de projetos;
- Avaliar a metodologia de uma organização real estudada;
- Analisar o comportamento do modelo dinâmico de projetos;
- Recomendar melhorias à gestão em projetos, com base na análise dos cenários simulados;
- Aplicar, por meio de estudo de caso, as sugestões de melhoria; e
- Avaliar resultados e conclusões.

Os objetivos listados visam decompor a pesquisa e orientá-la para o cumprimento do objetivo proposto de identificar elementos e melhorias na gestão de projetos de organizações de TI/Telecomunicações.

#### **1.4. Proposta de solução**

O desenvolvimento de uma pesquisa pressupõe a identificação de alternativa de soluções para os problemas identificados. Essa dissertação se direciona na busca de encontrar proposta de soluções para as questões da gestão em projetos e seu impacto direto no desempenho do mesmo.

Observa-se que a gestão em projetos precisa desenvolver ferramental e conhecimentos para garantir que esses problemas possam ser solucionados. Este é um desafio difícil, porque em sistemas sociais o indivíduo e o comportamento organizacional são cruciais para a análise em questão.

A análise em sistemas dinâmicos é uma ferramenta que tem se mostrado adequada para tratar desses sistemas. Existem quatro importantes características que fazem da técnica de sistemas dinâmicos elemento importante para a gestão em projetos:

- Adota uma perspectiva sistêmica e holística em relação aos sistemas sociais e aos problemas associados ao comportamento humano
- Está focada no modelamento da dinâmica, que fica evidente nesses sistemas.
- Captura muitos aspectos que são subjetivos na natureza humana.

- Leva ao desenvolvimento de estruturas que dão oportunidade de se efetuar uma análise qualitativa e quantitativa em modelos que podem ser simulados.

A abordagem usando sistemas dinâmicos em gestão de projetos está inserida em um contexto amplo em que vários fatores subjetivos, freqüentemente externos ao projeto, principalmente relacionados a fatores humanos, aparecem dominando as relações estruturais de feedback. Além desses fatores, elementos como eventos inesperados e externos ao projeto, devem ser contemplados em uma análise dinâmica.

Têm-se como principais elementos do projeto, segundo uma abordagem dinâmica: recursos humanos associados, taxa de progresso e eventos inesperados. Para que seja possível elaborar simulações com resultados quantitativos, é necessária a existência de uma variável a ser monitorada. Nos próximos capítulos, mostra-se que os pacotes de trabalho, ou unidade de trabalho, são as variáveis associadas ao projeto que podem ser monitoradas e simuladas. O acompanhamento do trabalho ao longo do desenvolvimento do projeto possibilita identificar se o projeto está progredindo ou não.

Uma vez identificadas as características que podem levar o projeto ao fracasso, com base na análise dinâmica, determina-se uma forma de monitorar o seu desempenho usando a variável de trabalho e validam-se alternativas de gerenciamento que podem modificar o comportamento do projeto. Para examinar essa dinâmica, será usada a técnica de ponto de inflexão. Desse modo, estabelece-se uma forma de monitorar os pontos de inflexões.

Dessa forma decidiu-se pela aplicação desse método em dois projetos reais com a proposta de avaliar, basicamente, os efeitos internos ao projeto que promovem modificações significativas no estoque de trabalho e impacto externos não esperados.

Na realização de um estudo de caso da empresa em análise, pôde-se verificar quais as melhorias que podem e devem ser inseridas em sua metodologia de projetos para incorporar esses aspectos dinâmicos.

A proposta sustenta que por meio da análise dos fatores dinâmicos que impactam projetos, identificam-se recomendações para minimizar esses impactos e a forma de mensurar sensivelmente o desempenho de um projeto.

Dessa maneira, a pesquisa se direciona no sentido da apresentação de uma proposta de melhoria na gestão de projetos utilizando dos recursos de sistemas dinâmicos para análise da

técnica de pontos de inflexão, incorporando-os nos elementos de gestão em projetos, de acordo com o escopo definido.

### **1.5. Escopo e Limitação da pesquisa**

Nesta pesquisa, o enfoque principal é a análise do comportamento dinâmico em projetos, apresentada e discutida no capítulo 4 e 5 com base no estudo da arte sobre projetos, sistemas dinâmicos e pontos de inflexão. A partir do resultado dessa análise será elaborada a proposta de melhoria no gerenciamento de projetos, incorporando seus elementos dinâmicos e a sua aplicação em dois projetos de uma empresa de telecomunicações.

O método para a verificação possibilitará a análise comparativa entre os resultados obtidos na literatura com resultados da aplicação em casos reais.

Assim, procura-se evidenciar que a relevância da pesquisa está em apresentar um estudo sobre a aplicação dos conceitos de sistemas dinâmicos e análise do ponto de inflexão por meio de uma ferramenta de simulação e modelo dinâmico de projetos. Nesse caso, tem sua aplicação direcionada para o alcance dos objetivos propostos.

Não é objetivo desta pesquisa identificar os elementos totais e finais que envolvem a problemática de projetos. A observação por meio das simulações e o estudo de caso apresentados visam ampliar a visão sobre a disciplina de projetos e sugerir uma forma de gerenciá-los. As simulações usando uma ferramenta visam garantir essas observações, mas não apresentar resultados preditivos do gerenciamento de projeto.

O modelo dinâmico utilizado para as análises apresenta uma visão simplificada do problema, levando em consideração as variáveis já conhecidas pela análise dinâmica em projetos. Não representa a totalidade da realidade examinada.

### **1.6. Estrutura da dissertação**

A estrutura desta dissertação segue a linha de desenvolvimento das técnicas e dos conhecimentos necessários para solidificar os alicerces de uma análise ampla da gestão de projetos, seguida pela abordagem de sistemas dinâmicos, integrando essas abordagens na análise do retrabalho, dos efeitos inesperados e dos pontos de inflexão, culminando em uma proposta para que o gestor de projetos possa gerir as dinâmicas associadas.

Esta dissertação compõe-se de seis capítulos, incluindo a Introdução, em que se apresentam a contextualização do problema, os objetivos, as limitações da pesquisa e a proposta de solução.

No capítulo 2, apresenta-se a revisão da literatura relativa ao tema proposto, focalizando as disciplinas Gerenciamento de Projetos e Técnica de Sistemas Dinâmicos.

No capítulo 3, aprofunda-se a abordagem do problema contextualizado, identificando os elementos principais que compõem a análise dinâmica dos problemas associados à gestão em projetos.

No capítulo 4, detalha-se a proposta de pesquisa, assim como e a metodologia utilizada na abordagem do problema. Faz-se, também, o detalhamento da análise dos pontos de inflexão e do impacto dos efeitos endógenos e exógenos da gestão em projetos.

No capítulo 5, apresentam-se os resultados das simulações e os cenários analisados hipoteticamente, com base em dois estudos de caso aplicados a projetos reais. Foram escolhidos dois projetos, um finalizado e outro em andamento para identificar os elementos dinâmicos que impactam a gestão.

No capítulo 6, a título de conclusão, avaliam-se os resultados e os pontos de melhoria do e formulam-se as contribuições do trabalho.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse capítulo contempla a revisão bibliográfica necessária ao embasamento da proposta de pesquisa em questão. A dissertação versa sobre os processos dinâmicos associados à gestão em projetos, formulando-se propostas de melhoria. Para tal, é necessário ter uma visão geral sobre os elementos da disciplina Projetos e, ainda, saber como funciona a dinâmica de sistemas.

### 2.1. Conceituação de projeto

Os recentes avanços tecnológicos e a revolução da informação têm constantemente conduzido a sociedade a novos horizontes de possibilidades e a níveis de exigência e excelência cada vez mais elevados. Isso não se aplica apenas aos produtos finais ou aos serviços em uso, mas também aos projetos e processos, desde sua concepção até sua implantação (AZANHA, 2003). A partir dessa necessidade de mercado, a gestão de projetos ganhou significativa importância para toda e qualquer organização, pois apresenta-se como uma maneira flexível e, ao mesmo tempo, sistemática de gerenciar. Está associada a diversos fatores no ambiente de negócio, devendo obter sempre um melhor relacionamento custo e benefício. (MARTINS, 2003)

O Project Management Institute (2004) assim define projeto: “Um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo”. Esta definição sintetiza as principais características de um projeto. Portanto, projeto não significa esforços contínuos e envolve fazer algo que não tenha sido feito antes.

Segundo Frame (FRAME, 1999), um projeto “é direcionado a alcançar um resultado específico; envolve a execução coordenada de atividades; possui duração limitada, com início e fim definidos e é único”. Projetos são aplicados em diversas áreas do conhecimento humano, dentre os quais se destacam: desenvolvimento de *software*, construção civil, estratégia militar, administração de empresas, *marketing* e vendas, engenharia aplicada e gestão da qualidade.

Nesse contexto, o gerenciamento de projetos não consiste somente em controlar o cronograma, o orçamento e a qualidade, mas também em controlar a carga de trabalho que a sua equipe está assumindo. O controle deve ser feito individualmente para que tenha uma

visão realista das atribuições de seus funcionários. Isso inclui aqueles que não trabalham em tempo integral no projeto. A essência da idéia de projeto é a não repetição, por oposição às rotinas (VARGAS, 2002).

Para que um projeto alcance sucesso, é necessário que a organização cumpra o prazo e os custos orçados, e que satisfaça o cliente final. Mas é muito importante que apresente: clareza dos objetivos, bom fluxo de informação, boa comunicação e planejamento das tarefas, recursos humanos adequados e motivados, acompanhamento e uma boa liderança (PMI, 2004).

Os projetos, segundo Prado (PRADO, 2003), podem ser agrupados nas seguintes categorias (Quadro 1):

CATEGORIAS	CARACTERÍSTICAS	EXEMPLOS
ADMINISTRAÇÃO	Projetos associados a estruturas administrativas e de gestão.	Campanha de redução de custos.
		Implantação de técnicas de gestão da qualidade total.
PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (P&D)	Projetos de pesquisa para posterior desenvolvimento ou melhoria de um produto ou serviço.	P&D de um novo motor.
		P&D de novo serviço.
DESIGN	Projetos que visam geração de documentação técnica, protótipo, planta-piloto, etc.	Projetos de arquitetura.
		Especificações detalhadas de produtos/serviços.
CONSTRUÇÃO	Geralmente baseiam-se em projetos de design (engenharia) já concluídos.	Construção de um prédio.
		Construção de uma usina siderúrgica.
INFORMATICA	Projetos de desenvolvimento ou melhoria ou adequação de aplicações (software) para computadores.	Desenvolvimento de sistema para contabilidade.
		Adequação de SAC (Sistema de Atendimento a Clientes) para implantação de novo serviço.
EVENTOS	Projetos de realização de eventos, feiras, congressos, etc.	Show de rock.
		Convenção de vendas.
MELHORIA	Geralmente associados a melhoria de resultados em operações de rotina.	Redução de retrabalho em uma unidade industrial.
		Redução de tempo de execução de um determinado serviço.
MARKETING	Geralmente associados programas de divulgação/comercialização de produtos e serviços.	Expansão de vendas de terminais telefônicos pré-pagos.
		Divulgação do serviço de Internet banda larga para um determinado segmento de mercado.

**Quadro 1 - – Tipos de projetos**

Fonte: Prado (2003)

## 2.2. Ciclo de vida do projeto

Todo projeto tem um ciclo de vida, pois passa por uma série de fases, desde sua elaboração até o encerramento. Cada fase tem sua necessidade e característica, sendo importante acompanhar com atenção cada uma delas. O ciclo de vida do projeto proporciona a cada envolvido uma visão mais ampla da seqüência lógica dos eventos, fornecendo ao gerente os limites de cada fase, propiciando-lhe a oportunidade de tomar decisões mais ágeis quando na ocorrência de um imprevisto.

Os estágios, ou fases, do projeto (FIG. 1) compreendem: a) iniciação, que trata da conceituação; b) planejamento, que se baseia na estruturação e na viabilização operacional do projeto; c) execução, que é a fase que concretiza tudo o que foi planejado; d) controle, que é a parte de averiguação da execução o projeto; e d) conclusão, que trata do encerramento, em que é avaliado por meio de uma auditoria interna ou externa. Cada projeto passa por essas cinco fases, mas cada um pode ser diferenciado um do outro, na medida em que possuem curvas de ciclo de vida diferenciadas (KEELING, 2002).

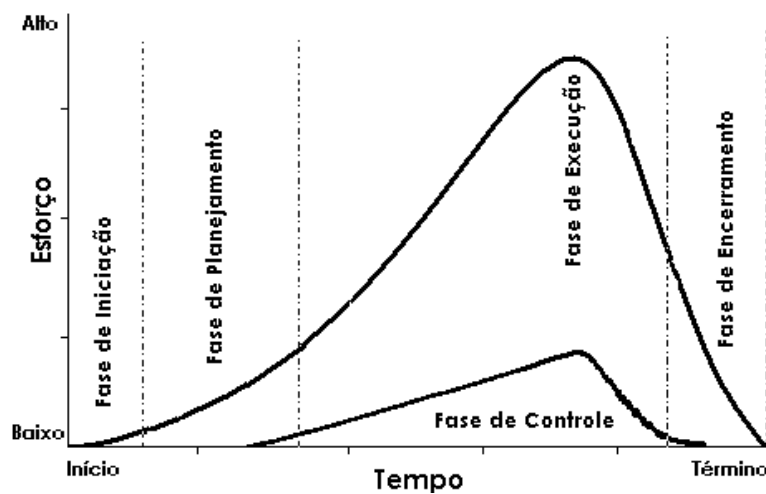


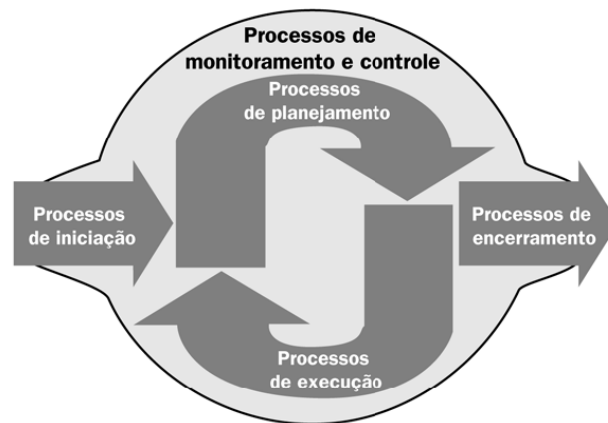
Figura 1 – Fases no ciclo de vida dos projetos

1. **Iniciação:** É a fase de identificação de necessidades e oportunidades para a organização e da transformação dessas em um problema estruturado, a ser tratado por um projeto selecionado. Nesta fase, serão definidos objetivos, benefícios e custos do projeto.
2. **Planejamento:** Nesta fase ocorre o detalhamento de tudo que será feito: seleção da equipe e do gerente do projeto; e discriminação e seqüenciamento das atividades, do orçamento de custos e do cronograma. Trata-se também da fase em que se elaboram



as análises de riscos e os planos de qualidade, comunicação e aquisição (suprimento) para o projeto. É a fase mais crítica do ciclo de vida, quase sempre determinante para o sucesso, ou não, do projeto.

3. **Execução:** Fase em que os planos são colocados em operação, envolvendo a coordenação de pessoas e de outros recursos. Parte expressiva dos recursos é consumida nesta fase.
4. **Controle:** Ocorre em paralelo às fases de planejamento (operacional) e execução. As análises de progresso são realizadas e os planos são atualizados ou revistos. O objetivo é comparar o status do projeto com o que foi planejado, tomando ações preventivas ou corretivas.
5. **Encerramento:** Nesta fase, é realizada a avaliação do trabalho executado. Ou seja, apura-se se as entregas do projeto satisfizeram o que foi contratado sob o aspecto de prazo, custo e de escopo. Possíveis falhas e pontos de sucesso são discutidos, avaliados e registrados (lições aprendidas). O livro e demais documentos do projeto são encerrados.



**Figura 2 – Inter-relacionamento entre as fases do ciclo de vida do projeto**

Ao longo do projeto, como mostrado na Figura 2, há certa simultaneidade na realização das fases de planejamento, execução e controle, formando um ciclo. A curva da Figura 2 é, portanto, a resultante da sobreposição que ocorre nessas fases, com predominância de atividades de planejamento, na segunda subdivisão da curva, e de execução e controle, na terceira subdivisão (PMI, 2004).

A Figura 2 descreve a curva de intensidade de possibilidade de modificação e incerteza do risco ao longo do ciclo de vida do projeto. Nas fases iniciais, quando as possibilidades de modificação no projeto são altas, as incertezas são maiores. À medida que o

projeto avança, diminuem as incertezas. Entretanto, as possibilidades de modificação no projeto são menores, o que reforça a condição de criticidade das fases iniciais para a determinação do sucesso do projeto (PMI, 2004).

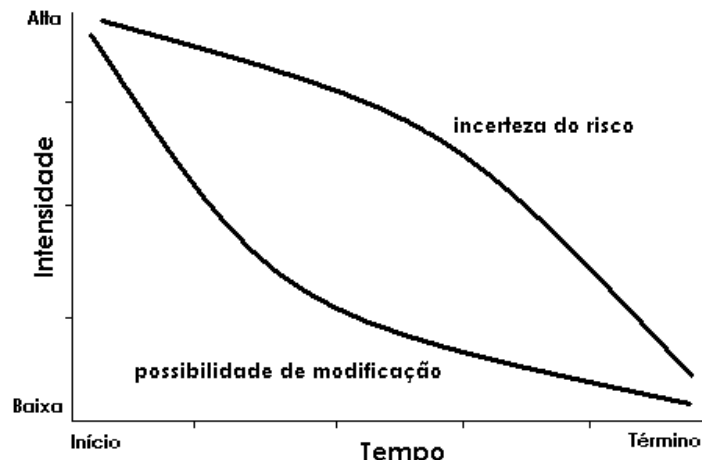


Figura 2 – Incerteza do risco & possibilidade de modificação em projetos

### 2.3. Gestão de projeto

A gestão de projetos surge como disciplina no início da década de 1960. Segundo Vargas (2002), “um dos grandes catalisadores deste acontecimento foi o Departamento de Defesa Americano”, que, no recrudescimento da Guerra Fria, desenvolvia projetos com elevado grau de complexidade e dispêndio de recursos que não podiam ser executados com as técnicas de gestão existentes. Depois do setor militar, outros segmentos como o da construção, o automotivo, o cinematográfico e o aeroespacial, também foram grandes patrocinadores e dinamizadores da disciplina.

O Project Management Institute (2004) assim define gestão de projetos: “É a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto, a fim de satisfazer seus requisitos”. Para Vargas (2002), gestão de projeto é “um conjunto de ferramentas gerenciais que permitem que a empresa desenvolva um conjunto de habilidades, incluindo conhecimento e capacidades individuais, destinados ao controle de eventos não repetitivos, únicos e complexos, dentro de um cenário de tempo, custo e qualidade predeterminada”.

Os projetos, na maioria das vezes, ocorrem em conjunto com as atividades rotineiras. Cita-se como exemplo uma editora que publica semanalmente uma revista: “apesar de existirem muitas rotinas ligadas à publicação propriamente dita, cada edição da revista é um projeto em si, pois produz um resultado único e com um prazo a ser concluído”. Há organizações que realizam seus projetos em áreas específicas, conhecidas como escritório de projetos, e outras, como empresas de desenvolvimento de software e do ramo da construção civil, cuja sobrevivência depende predominantemente dos projetos que executam.

Dentre os principais benefícios que a metodologia de gestão de projetos proporciona, destacam-se:

- maior satisfação do cliente em relação aos requisitos estabelecidos (prazo, entrega e custos);
- redução de incertezas, pela antecipação de situações desfavoráveis (gestão de riscos);
- conclusão com mínimas alterações em relação ao objetivo (gestão de escopo);
- realização de atividades em menor tempo e com menor custo (gestão de tempo e recursos);
- maior controle gerencial;
- melhoria do relacionamento entre os setores da organização, pela adoção de trabalho em equipe (estrutura matricial);
- desenvolvimento, com eficiência, de novos produtos e serviços, sem prejuízo das atividades operacionais ou rotineiras;
- armazenamento de aprendizado para projetos futuros (lições aprendidas); e
- redução do ciclo de desenvolvimento das soluções internas e externas.

## **2.4. Conjunto de conhecimentos da gestão de projetos**

O conjunto de conhecimentos da gestão de projetos (PMBOK), publicado pelo PMI, em 2004, tem-se consolidado como a principal referência para a gestão de projetos em nível mundial. Nos Estados Unidos, é reconhecido pelo ANSI (American National Standards Institute) como padrão para gestão de projetos desde 1999. Foram produzidos e distribuídos, aproximadamente, 1.200.000 exemplares do guia em todo o mundo.

Os objetivos principais do PMBOK são: identificar e descrever os conhecimentos e práticas “normalmente aceitas” sobre a gestão de projetos; e estabelecer um vocabulário

comum para essa área. O termo *normalmente aceitos* significa que há consenso sobre o valor e a utilidade das práticas e dos conhecimentos descritos.

Em 1983, o PMI publicou no Relatório Especial do Project Management Journal as bases do que atualmente é conhecido como PMBOK. Na sua primeira versão, o documento estruturava-se em seis áreas de conhecimento, a saber: gerenciamento do escopo; gerenciamento de custos; gerenciamento de tempo; gerenciamento da qualidade; gerenciamento de recursos humanos; e gerenciamento das comunicações do projeto. Na revisão de 1987, houve a inclusão do gerenciamento de riscos e do gerenciamento de contratos e de aquisições como áreas de conhecimento distintas. Nessa mesma revisão, o documento passou a ser intitulado PMBOK (Project Management Body of Knowledge). Houve ainda revisões do documento em 1996, com a inclusão do gerenciamento de integração do projeto como a nona área de conhecimento. A revisão atualizada que compõe a Edição 2000 é a adotada como referência para este trabalho.

#### 2.4.1. Gerente do projeto

A condução de um projeto, pela natureza dessa atividade, em que são impostas restrições de prazo, recursos e escopo, exige da liderança muita dedicação, disciplina e técnica. Os projetos não dispõem de tempo ilimitado; logo, o gerente não pode ser desenvolvido no cargo (KEELING, 2002).

Três características devem ser observadas na alocação de um gerente a um projeto: gerenciais, administrativas e técnicas (KEELING, 2002). A especificidade, ou o tipo, de cada projeto pode determinar um perfil de gerente mais acentuado em uma dessas características. Por exemplo: projetos na área de pesquisa e desenvolvimento requererão gerentes com perfil mais técnico. No entanto, deve-se ressaltar que nenhuma das três características pode tender a zero. Os principais atributos do gerente de projeto, segundo o PMBOK (PMI, 2004), são:

- **Comunicação eficaz.** Envolve a troca de informações.
- **Influência sobre a organização.** Envolve a capacidade de “fazer com que as coisas aconteçam”.
- **Liderança.** Consiste em desenvolver uma visão e uma estratégia e motivar as pessoas para que alcancem essa visão e essa estratégia.
- **Motivação.** Consiste em estimular as pessoas para que alcancem altos níveis de desempenho e superem as barreiras que impedem as mudanças.

- **Negociação e gerenciamento de conflitos.** Consiste em conversar com outras pessoas para chegar a um entendimento ou um acordo
- **Resolução de problemas.** Consiste em combinar definição do problema, identificação e análise de alternativas e tomada de decisões.

No ciclo da vida do projeto, o comportamento da liderança e as preocupações gerenciais mudam à medida que o projeto avança e a equipe amadurece e desenvolve capacidade. Nas fases de planejamento, os gerentes concentram-se em aspectos relativos a tecnologia, processos e detalhamento das tarefas. Na fase de implementação, a atenção estará voltada para aspectos motivacionais e de formação e desenvolvimento da equipe. À medida que a equipe se capacita, com a evolução do projeto, a ênfase da liderança estará na coordenação e no controle.

#### 2.4.2. Áreas de conhecimento da gestão em projetos

A partir da segunda Edição do PMBOK (2000), figuram nove áreas de conhecimento que devem ser geridas pelo gestor de projeto (FIG. 3).



Figura 3 – Áreas de conhecimentos PMBOK 2004

Cada área possui um conjunto de processos divididos nas fases do projeto. O Apêndice A traz uma relação resumida dos processos envolvidos em cada área de conhecimento segundo o PMBOK (PMI, 2004). O mais relevante para o este estudo é o

gerenciamento de escopo, por trazer os processos que envolvem a fragmentação das atividades e entregas de um projeto.

## ***2.5. Gerenciamento do escopo do projeto***

O gerenciamento do escopo do projeto inclui os processos necessários para garantir que o projeto inclua todo o trabalho necessário, e somente ele, para terminar o projeto com sucesso. Trata principalmente da definição e controle do que está e do que não está incluído no projeto. Os processos de gerenciamento do escopo do projeto incluem:

- Planejamento do escopo - criação de um plano de gerenciamento capaz de documentar como o escopo do projeto será definido, verificado e controlado, e como a estrutura analítica do projeto (EAP) será criada e definida.
- Definição do escopo - desenvolvimento de uma declaração do escopo detalhada do projeto como base para futuras decisões do projeto.
- Criação da EAP - subdivisão das principais entregas do projeto e do trabalho do projeto em componentes menores e mais facilmente gerenciáveis.
- Verificação do escopo - formalização da aceitação das entregas do projeto terminadas.
- Controle do escopo - controle das mudanças no escopo do projeto.

### **2.5.1. Estrutura analítica do trabalho**

A estrutura analítica de projeto (EAP), do inglês WBS (Work Breakdown Structure), é a ferramenta básica da fase de planejamento da gestão de projeto. A EAP é uma decomposição hierárquica orientada para a entrega do trabalho a ser executado pela equipe do projeto, para atingir os objetivos do projeto e criar as entregas necessárias. A EAP organiza e define o escopo total do projeto. A EAP subdivide o trabalho do projeto em partes menores e mais facilmente gerenciáveis, em que cada nível descendente da EAP representa uma definição cada vez mais detalhada do trabalho do projeto. É possível agendar, estimar custos, monitorar e controlar o trabalho planejado contido nos componentes de nível mais baixo da EAP, denominados “pacotes de trabalho” (PMI, 2004).

Na EAP, as tarefas são desmembradas em pacotes de trabalho, ou entregas, que compõem o projeto. Pode ser representada por tópicos ou em forma de gráfico, conforme a Figura 4 e a Figura 5:

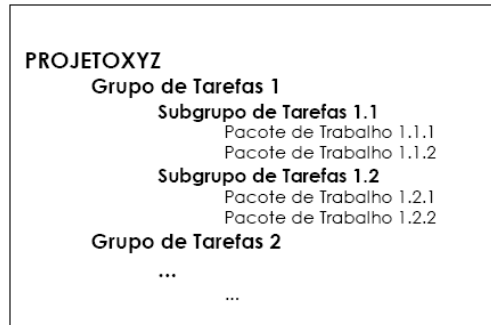


Figura 4 - EAP representada por tópicos

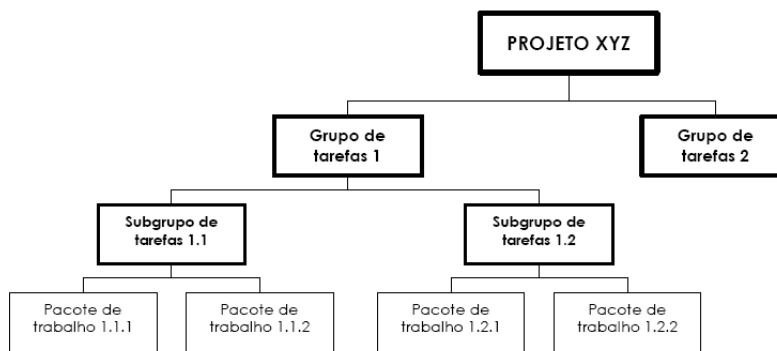


Figura 5 - WBS representada por gráfico

Segundo o PMI, a EAP é definida como um “agrupamento de elementos do projeto orientados ao resultado principal, que organiza e define o escopo total do trabalho do projeto. Cada nível descendente representa uma definição cada vez mais detalhada do trabalho do projeto”.

Há dois tipos de tarefa na EAP: a) tarefas de resumo, em que na verdade não são executadas, mas denominam um grupo ou subgrupo de tarefas; e b) pacotes de trabalho, em que são verdadeiramente executados. A EAP permite (VARGAS, 2002):

- fornecer uma ilustração detalhada do escopo do projeto;
- monitorar o progresso do projeto, pelo monitoramento de cada tarefa (pacote de trabalho) na EAP;
- criar estimativas precisas de custos e cronograma; e
- montar equipes de projeto, com a definição de atribuições e responsabilidades. associadas a cada atividade.

Uma questão que comumente ocorre na elaboração da EAP consiste em determinar o nível de desdobramento mais adequado, ou seja, identificar o tamanho recomendado para os pacotes de trabalho. Não há uma regra precisa para o tamanho do pacote de trabalho. O nível de detalhe dos pacotes de trabalho irá variar de acordo com o tamanho e complexidade do projeto.

No entanto, a diretriz do “8 ou 80” pode ser aplicada. Isso significa que nenhum pacote de trabalho deveria ter menos de 8 horas de duração e nem mais de 80 horas. Para alcançar um esforço de trabalho mais facilmente gerenciável (ou seja, um pacote de trabalho), é preciso decompor o trabalho para algumas entregas somente até o próximo nível, enquanto outras exigem mais níveis de decomposição. A capacidade de planejar, gerenciar e controlar o trabalho aumenta à medida que o trabalho é decomposto em níveis mais baixos de detalhe. No entanto, uma decomposição excessiva pode levar a um esforço de gerenciamento improdutivo, ao uso ineficiente de recursos e a uma menor eficiência na realização do trabalho. A equipe do projeto deve procurar alcançar um equilíbrio entre níveis excessivos e níveis muito baixos de detalhe no planejamento da EAP (PMI, 2004).

A EAP é crítica para vários processos na fase de planejamento. As estimativas de custos, o cronograma, o gerenciamento do escopo e de riscos, o controle do progresso do projeto e a distribuição das atribuições entre os membros da equipe dependerão de um desmembramento adequado das tarefas que compõe o projeto (VARGAS, 2002).

### **2.5.2. Cronograma do projeto**

O cronograma do projeto inclui pelo menos uma data de início planejada e uma data de término planejada para cada atividade do cronograma. Se o planejamento de recursos for realizado em um estágio inicial, o cronograma do projeto continuará sendo preliminar até que as atribuições de recursos sejam confirmadas e as datas de início e término agendadas sejam estabelecidas (PMI, 2004).

Um cronograma alvo do projeto pode também ser desenvolvido com datas alvo para início e com datas alvo para término, definidas para cada atividade do cronograma. O cronograma do projeto pode ser apresentado de forma sumarizada — às vezes, chamado de “cronograma mestre”, ou “cronograma de marcos” — ou em detalhes. Embora um cronograma do projeto possa ser apresentado na forma tabular, ele é mais frequentemente apresentado de forma gráfica, usando um ou mais dos seguintes formatos:



- **Diagramas de rede do cronograma do projeto.** Estes diagramas, com informações sobre a data das atividades, normalmente mostram a lógica de rede do projeto e as atividades de caminho crítico do cronograma do projeto. Podem ser apresentados no formato de diagrama de atividade no nó, conforme mostrado na Figura 6, ou apresentados no formato de diagrama de rede do cronograma com escala de tempo, que, às vezes, é chamado de “gráfico de barras lógico”, conforme mostrado no cronograma detalhado da Figura 8. Esse exemplo também mostra como cada pacote de trabalho é planejado como uma série de atividades do cronograma relacionadas.

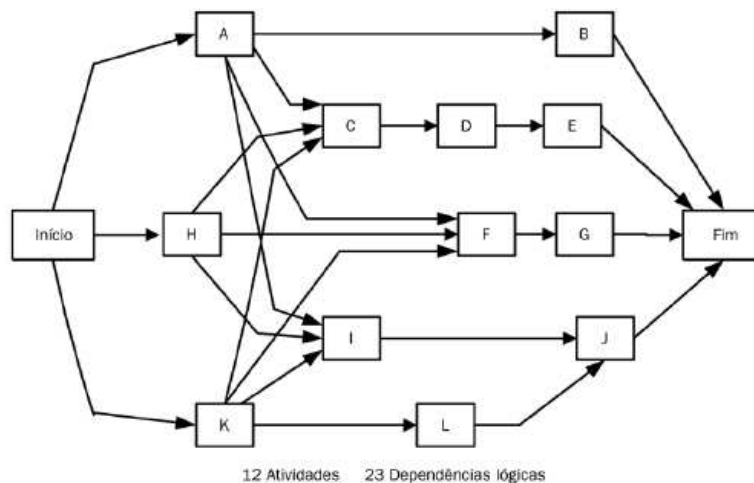
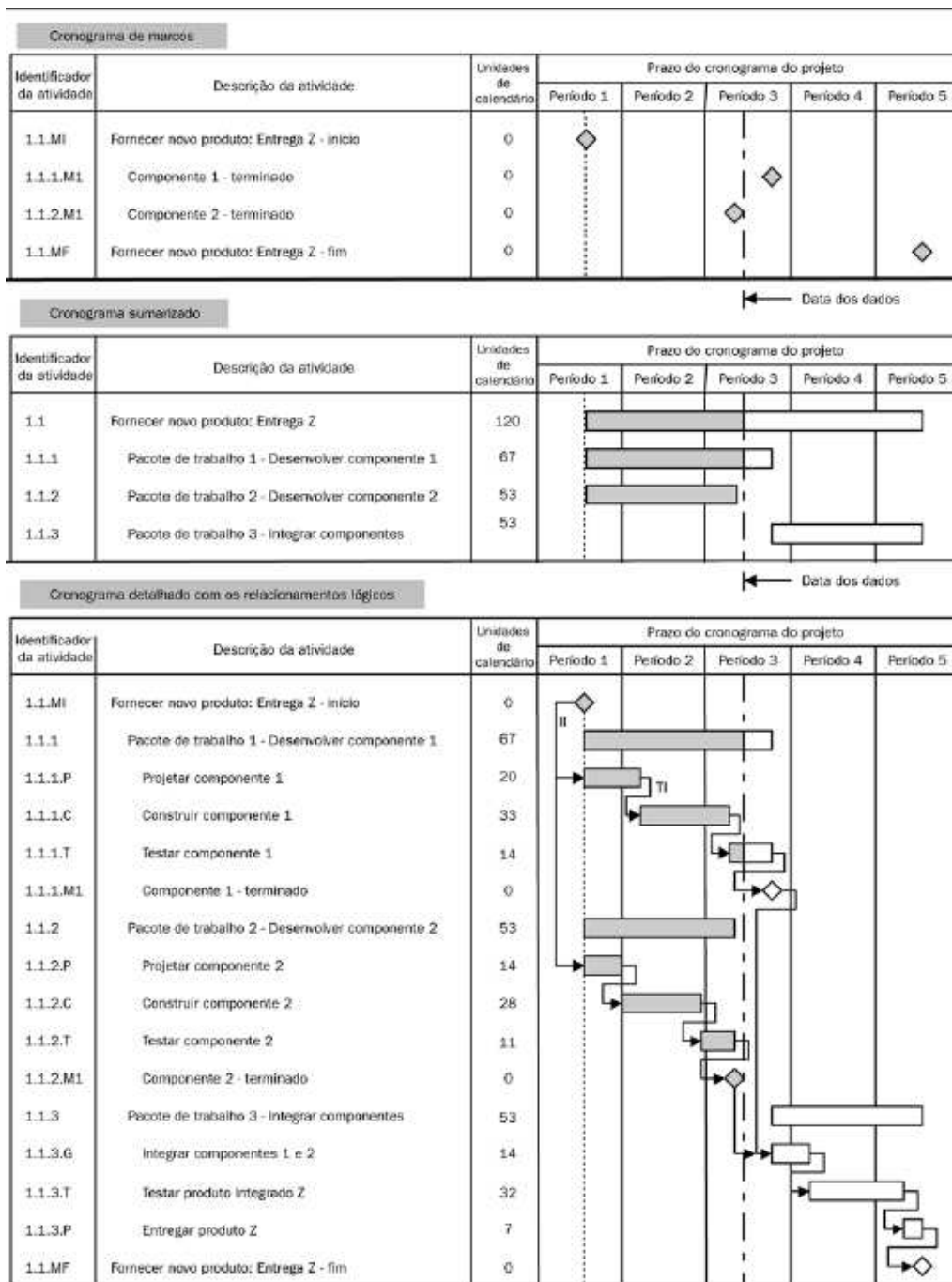


Figura 6 – Diagrama de interdependências – PMBOK 2004

- **Gráficos de barras.** Estes gráficos, com barras representando as atividades, mostram as datas de início e de conclusão das atividades, além das durações esperadas. Os gráficos de barras são relativamente fáceis de ler e são freqüentemente usados em apresentações gerenciais. Para controle e gerenciamento da comunicação, uma atividade de resumo mais ampla e abrangente, às vezes chamada de “atividade sumarizadora”, é usada entre marcos ou entre vários pacotes de trabalho interdependentes e é exibida em relatórios de gráfico de barras. Um exemplo é a parte do cronograma sumarizado da Figura .7, apresentada em um formato estruturado de EAP.
- **Gráficos de marcos.** Estes gráficos são semelhantes aos gráficos de barras, mas identificam somente o início ou o término agendado das principais entregas e das interfaces externas importantes. Um exemplo é a parte do cronograma de marcos da Figura .7.



**Figura .7 – Cronograma do projeto Exemplos Gráficos**

A Figura .7 mostra o cronograma de um exemplo de projeto em execução, com o trabalho em progresso relatado pela data dos dados, que às vezes é chamada de “até a presente data” ou “até a data atual”. A figura mostra: a data de início real, a duração real e a data de término real das atividades terminadas do cronograma; a data de início real; a duração restante; e a data de término atual das atividades do cronograma com trabalho em progresso e a data de início atual, a duração original e a data de término atual das atividades do

cronograma cujo trabalho ainda não foi iniciado. Para um cronograma de projeto simples, a Figura 8 fornece uma representação gráfica de um cronograma de marcos, de um cronograma sumarizado e de um cronograma detalhado. Também mostra, visualmente, os relacionamentos entre os três diferentes níveis de apresentação de cronogramas.

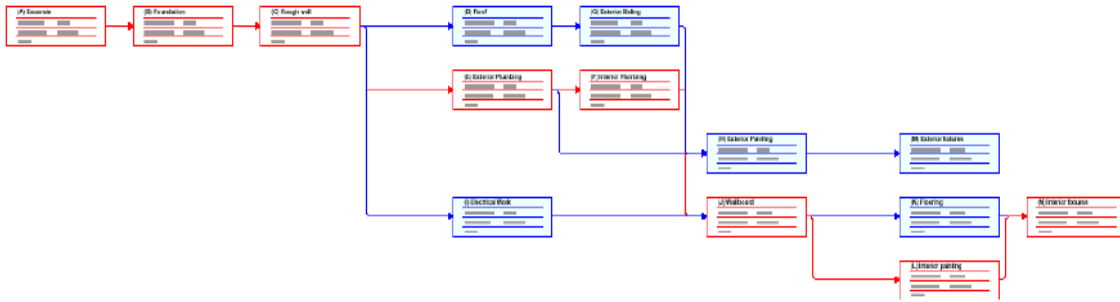
### **2.5.3. Linha de base do cronograma**

Uma linha de base do cronograma é uma versão específica do cronograma do projeto desenvolvida a partir da análise de rede do cronograma do modelo de cronograma. É aceita e aprovada pela equipe de gerenciamento de projetos como a linha de base do cronograma, com datas de base de início e datas de base de término.

### **2.5.4. Método do caminho crítico**

O método do caminho crítico, em inglês “Critical Path Method” (CPM), é uma técnica de análise de rede do cronograma usando o modelo de cronograma (FIG. 3). O método do caminho crítico calcula as datas teóricas de início e término mais cedo e de início e término mais tarde, de todas as atividades do cronograma, sem considerar quaisquer limitações de recursos, realizando uma análise do caminho de ida e uma análise do caminho de volta pelos caminhos de rede do cronograma do projeto. As datas resultantes de início e término mais cedo e mais tarde não são necessariamente as do cronograma do projeto. Em vez disso, indicam períodos de tempo dentro dos quais a atividade do cronograma deve ser agendada, quando se fornecem: durações da atividade, relacionamentos lógicos, antecipações, atrasos e outras restrições conhecidas (PMI, 2004).

As datas calculadas de início e término mais cedo e de início e término mais tarde podem, ou não, ser as mesmas em qualquer caminho de rede, pois a folga total que fornece a flexibilidade do cronograma pode ser positiva, negativa ou nula. Em qualquer caminho de rede, a flexibilidade do cronograma é medida pela diferença positiva entre as datas mais tarde e mais cedo, e é chamada de “folga total”. Os caminhos críticos têm uma folga total nula ou negativa e as atividades do cronograma em um caminho crítico são chamadas de “atividades críticas”.



**Figura .8 – Exemplo de caminho crítico utilizando software de gerenciamento de projeto**

Podem ser necessários ajustes nas durações das atividades, relacionamentos lógicos, antecipações e atrasos ou em outras restrições do cronograma para produzir caminhos de rede com uma folga total positiva ou nula. Quando a folga total de um caminho de rede for nula ou positiva, a folga livre — o atraso total permitido para uma atividade do cronograma sem atrasar a data de início mais cedo de qualquer atividade sucessora imediata dentro do caminho de rede — poderá também ser determinada.

Alguns métodos podem ser utilizados para a gestão das atividades com folga nula, ou caminho crítico:

- **Compressão do cronograma**

- A compressão do cronograma reduz o cronograma do projeto *sem* mudar o escopo do projeto para atender restrições, datas impostas do cronograma e outros objetivos do cronograma. As técnicas de compressão do cronograma incluem:

- **Compressão.** A técnica de compressão do cronograma na qual são analisadas as compensações entre custo e cronograma, para determinar como se obtém o máximo de compressão para o menor custo incremental. A compressão nem sempre produz uma alternativa viável e pode resultar em aumento de custo.
- **Paralelismo.** Uma técnica de compressão do cronograma na qual as fases ou atividades, que normalmente seriam feitas em seqüência, são realizadas em paralelo. Um exemplo seria a construção da fundação de um prédio sem que os desenhos de arquitetura estejam terminados. O paralelismo pode resultar em retrabalho e em maior risco. Esta abordagem pode exigir que o trabalho seja realizado sem informações detalhadas completas, como os desenhos de engenharia. Ela resulta na

troca de custo por tempo e aumenta o risco de atingir o cronograma do projeto reduzido.

- **Análise de cenário do tipo "e se?"**

- Esta é uma análise da pergunta “E se a situação representada pelo cenário ‘X’ ocorrer?” É realizada uma análise de rede do cronograma usando o modelo de cronograma para calcular os diversos cenários, como o atraso na entrega de um importante componente, extensão das durações específicas da engenharia ou introdução de fatores externos, como uma greve ou uma mudança no processo capacitante. A simulação envolve o cálculo de várias durações do projeto com conjuntos diferentes de premissas das atividades.

- **Nivelamento de recursos**

- O nivelamento de recursos é uma técnica de análise de rede do cronograma aplicada a um modelo de cronograma que já foi analisado pelo método do caminho crítico. É usado para abordar as atividades do cronograma que precisam ser realizadas para atender às datas de entrega especificadas, para abordar situações em que recursos necessários críticos ou compartilhados estejam disponíveis somente em determinados períodos ou em quantidades limitadas ou para manter a utilização de recursos selecionados em um nível constante durante períodos de tempo específicos do trabalho do projeto. Esta abordagem de nivelamento da utilização de recursos pode fazer com que o caminho crítico original mude.

O cálculo do método do caminho crítico produz um cronograma preliminar de início mais cedo e um cronograma preliminar de início mais tarde que podem exigir mais recursos durante determinados períodos de tempo do que os disponíveis ou podem exigir mudanças nos níveis de recursos que não sejam gerenciáveis. É possível alocar os recursos escassos, primeiro, às atividades de caminho crítico para desenvolver um cronograma do projeto que reflita essas restrições. O nivelamento de recursos freqüentemente resulta em uma duração projetada do projeto mais longa do que a prevista no cronograma preliminar do projeto.

## **2.6. Técnica do Valor Agregado**

O gerenciamento da técnica do valor agregado (TVA), do inglês Earned Value Management (EVM), é uma importante ferramenta para avaliar o desempenho do projeto. Segundo Vargas (2002), o conceito baseia-se na relação entre os custos reais consumidos e o

trabalho realizado no projeto. Para a aplicação do TVA, é necessário que as medidas de custo e desempenho sejam estabelecidas em um cronograma físico do projeto. O Project Management Institute (2004) define TVA como sendo: o método usado para integrar o escopo, o cronograma e os recursos, e para medir o desempenho do projeto. A técnica do valor agregado compara o valor cumulativo do custo orçado do trabalho realizado (agregado) no valor de orçamento alocado original com o custo orçado do trabalho agendado (planejado) e com o custo real do trabalho realizado (real). Essa técnica é especialmente útil no controle de custos, no gerenciamento de recursos e na produção (PMI, 2004).

Uma parte importante do controle de custos consiste em determinar a causa de uma variação e a extensão da variação e decidir se a variação exige ações corretivas. A técnica do valor agregado utiliza a linha de base dos custos contida no plano de gerenciamento do projeto para avaliar o andamento do projeto e a extensão das variações que ocorrem.

A técnica do valor agregado envolve o desenvolvimento destes valores-chave para cada atividade do cronograma, pacote de trabalho ou conta de controle:

- **Valor planejado (VP)** — o custo orçado do trabalho agendado, a ser terminado em uma atividade ou no componente da EAP até um determinado momento.
- **Valor agregado (VA)** — quantia orçada para o trabalho realmente terminado na atividade do cronograma ou no componente da EAP durante um determinado período de tempo.
- **Custo real (CR)** — custo total incorrido na realização do trabalho na atividade do cronograma ou no componente da EAP durante determinado período. Este CR deve corresponder em definição e em cobertura a tudo o que foi orçado para o VP e o VA (por exemplo, somente horas diretas, somente custos diretos ou todos os custos, inclusive custos indiretos).

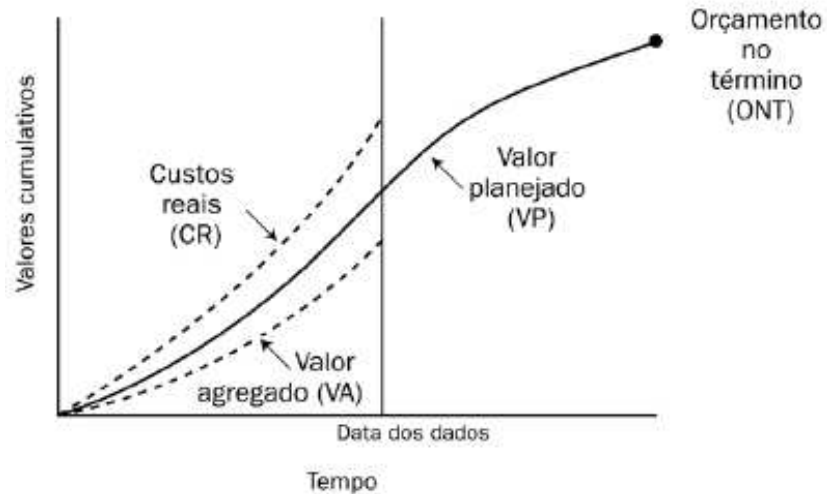
Os valores de VP, VA e CR são usados em conjunto para fornecer medidas de desempenho que indicam se o trabalho está sendo realizado conforme planejado em algum momento determinado. As medidas mais comumente usadas são: variação de custos (VC) e variação de prazos (VP). A quantidade de variação dos valores de VC e VP tende a diminuir à medida que o projeto atinge o término devido ao efeito de compensação decorrente de mais trabalho sendo realizado. Os valores de variação predeterminados aceitáveis, que irão diminuir ao longo do tempo conforme o projeto se desenvolve em direção ao término, podem ser estabelecidos no plano de gerenciamento de custos.

- **Varição de custos (VC)** — é igual ao valor agregado (VA) menos o custo real (CR). A variação de custos no final do projeto será a diferença entre o orçamento no término (ONT) e a quantia real gasta.
  - Fórmula:  $VC = VA - CR$
- **Varição de prazos (VP)** — é igual ao valor agregado (VA) menos o valor planejado (VP). A variação de prazos será no final igual a zero quando o projeto for terminado, porque todos os valores planejados terão sido agregados.
  - Fórmula:  $VP = VA - VP$

Esses dois valores, a VC e o VP, podem ser convertidos em indicadores de eficiência para refletir o desempenho de custos e de prazos de qualquer projeto.

- **Índice de desempenho de custos (IDC)** — um valor menor que 1.0 indica um estouro nos custos estimados. Um valor de IDC maior que 1.0 indica custos estimados não atingidos. O IDC é igual à relação entre VA e CR. O IDC é o indicador de eficiência de custos mais comumente usado.
  - Fórmula:  $IDC = VA/CR$
- **IDC cumulativo (IDCC)** — o IDC cumulativo é amplamente usado para prever os custos do projeto no término. O IDCC é igual à soma dos valores agregados periódicos (VAC) dividida pela soma dos custos reais individuais (CRC).
  - Fórmula:  $IDCC = VAC/CRC$
- **Índice de desempenho de prazos (IDP)** — o IDP é usado, em adição ao andamento do cronograma, para prever a data de término. Às vezes, é usado com o IDC para prever as estimativas de término do projeto. O IDP é igual à relação entre VA e VP.
  - Fórmula:  $IDP = VA/VP$

A Figura 10 usa curvas S para exibir os dados de VA cumulativos de um projeto que está acima do orçamento e atrasado em relação ao plano de trabalho.



**Figura 9 - Relatório de desempenho gráfico (ilustrativo)**

Fonte: PMBOK 2004

A técnica do valor agregado, em suas várias formas, é um método de medição de desempenho comumente usado. Integra as medidas de cronograma, custos (ou recursos) e escopo do projeto para ajudar a equipe de gerenciamento de projetos a avaliar o desempenho do projeto.

## 2.7. Como surgiu a dinâmica de sistemas

A técnica de sistemas dinâmicos foi introduzida por Forrester (1961) como um método de modelagem e análise de comportamento de complexos sistemas sociais, particularmente no contexto industrial. Forrester se incomodou com as dificuldades normalmente enfrentadas pelos gestores no exercício de suas funções. Concluiu que as maiores barreiras para o sucesso das organizações provinham não de questões de engenharia ou relativas ao processo industrial e produtivo, mas de questões da gestão e administração. A razão para isso é que os sistemas humanos e sociais são muito mais complexos e difíceis de compreender do que os sistemas físicos (RADZICKI, 1997).

Numa oportunidade, quando fazia uma palestra para funcionários da General Electric (GE), foi desafiado a explicar o que teria levado à demissão metade dos empregados da companhia após um período de bons resultados operacionais. Os gestores da GE estavam perplexos porque o nível de emprego em suas fábricas de eletrodomésticos em Kentucky exibiu um claro ciclo de três anos. Já haviam percebido que este ciclo no nível de emprego não se relacionava (pelo menos as evidências não permitiam estabelecer a relação) com o



ciclo de negócio do produto. As dúvidas eram: Quais eram as causas das recorrentes oscilações no quadro de funcionários; e Por que os gestores eram incapazes de evitá-las? (FORRESTER, 1995)

Forrester começou a fazer simulações, cruzando dados sobre produção e volume de mão-de-obra com as estratégias que estavam sendo seguidas, tentando prever como oscilaria o quadro de funcionários nos períodos seguintes. Conseguiu demonstrar que a instabilidade no nível de empregos da GE se devia à estrutura interna da organização, e não a variáveis exógenas, como o ciclo de negócio. Era o primeiro modelo de dinâmica de sistemas (FORRESTER, 1995).

Em 1958, na Harvard Business Review, Forrester publicou um artigo com os resultados dessa simulação. A partir de sua experiência com desenvolvimento e construção de equipamentos de computação e servomecanismos, foi capaz de transplantar a teoria de feedback e a de controle, da área de Exatas – que permite a caracterização de um sistema na forma de equações diferenciais – para a de Administração, como meio de avaliar negócios e outros contextos organizacionais e sociais (RADZICKI, 1997).

Com os avanços das técnicas de simulação computacional, foi possível estender a utilização dos sistemas dinâmicos a outros campos de pesquisa, culminando na publicação do primeiro livro sobre o assunto, em 1961: *Industrial Dynamics* (FORRESTER, 1961) e em uma parceria com John F. Collins, em 1969, Forrester publicou *Urban Dynamics* (FORRESTER, 1969). O modelo desenvolvido e discutido neste segundo livro é a primeira grande aplicação da dinâmica de sistemas não associada a questões de negócio (RADZICKI, 1997).

## **2.8. Sistemas dinâmicos: conceito**

A dinâmica de sistemas é uma metodologia que busca mapear estruturas de sistemas organizacionais ou sociais, procurando examinar a inter-relação de suas forças, vendo-as num contexto amplo e entendendo-as como parte de um processo comum. Por intermédio da simulação, quer compreender como o sistema em foco evolui no tempo e como mudanças em suas partes afetam todo o seu comportamento (FORRESTER, 1995). Procura elucidar comportamentos gerais dos sistemas, partindo dos padrões de comportamento entre as partes e das estruturas determinantes destes padrões. Permite ao pesquisador testar diferentes políticas e soluções para operação do sistema, avaliando o impacto de decisões. Proporciona,

por fim, um conjunto de instrumentos para a compreensão e a comunicação sobre os modelos da realidade. Como técnica de modelagem, assume que a análise de uma situação pode ser empreendida de um ponto de vista objetivo externo e que a estrutura e os processos dinâmicos do mundo real podem ser recriados em diagramas com simbologia específica e modelos matemáticos (STERMAN, 2002).

De forma mais específica, a dinâmica de sistemas busca a compreensão da estrutura e do comportamento dos sistemas compostos por enlaces de feedback interagentes. Para essa compreensão, utiliza principalmente dois tipos de notação: diagramas de enlace causal (comuns à modelagem “soft”); e diagramas de estoque e fluxo (característicos da modelagem “hard”), que serão abordados nos tópicos que seguem.

Para a dinâmica de sistemas, o termo *estrutura* tem um significado particular. Refere-se à inter-relação dos recursos tanto tangíveis como intangíveis do sistema. Por sua visão, o comportamento do sistema é uma consequência de sua “estrutura”, pois é ela quem rege as interações entre seus elementos (FERNANDES, 2001).

Como diretrizes para o desenvolvimento do pensamento sistêmico e o uso da dinâmica de sistemas, podem-se citar (BASTOS, 2003):

- a) O QUÊ - um método rigoroso para auxiliar a pensar, visualizar, compartilhar e comunicar a respeito da evolução de sistemas complexos no tempo;
- b) PARA QUÊ - com o objetivo de solucionar problemas e desenvolver planos e estratégias mais robustas, que minimizem a probabilidade de resultados inesperados, com consequências indesejadas;
- c) COMO - criando modelos e desenvolvendo simulações que externalizem modelos mentais e capturem as inter-relações dos agentes, das forças, dos padrões comportamentais, dos limites organizacionais, das políticas, dos laços de influência e dos atrasos; e, por meio do modelo e conhecimento desenvolvidos, permitindo testar o comportamento e reações do sistema;
- d) QUEM - um arranjo, um combinado, seja uma equipe ou um indivíduo, competente para apresentar e mapear as necessidades e valores (modelos cognitivos) do sistema, de modo franco, aberto, claro e responsável.

## 2.9. Modelagem soft – Diagrama de enlace causal

Na dinâmica de sistemas, ao modelar sistemas, devem-se utilizar preliminarmente modelos soft, como os representados na Figura 11, apropriados para o entendimento amplo, e não para gerar pontos de predição, proporcionando uma ligação útil entre a descrição verbal e sua representação em modelos computacionais (ANDRADE, 1997).

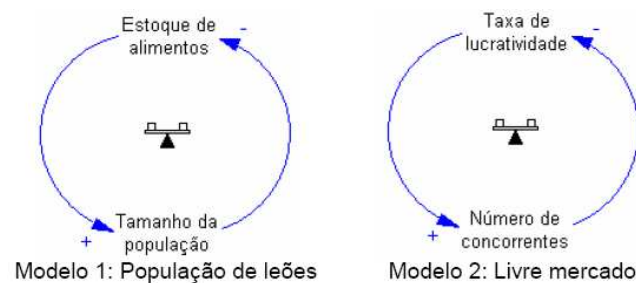


Figura 10 – Exemplos de diagramas causais

A linguagem da dinâmica de sistemas relacionada a essa função é conhecida como “Diagramas de enlace causal” (ou “Diagramas causais”, “Diagrama de influência”, “Diagramas de feedback” ou “Diagramas de loop”). São estruturas em forma de grafos, utilizados nas ciências sociais para a visualização de qualquer sistema humano, por meio da identificação de suas características estruturais, das relações causa-efeito-causa e dos tempos de espera (delays, ou atrasos) presentes no comportamento do sistema (FERNANDES, 2001).

Uma relação de retroalimentação (loop ou estrutura de feedback) existe sempre que uma ação provoca conseqüências que mais tarde voltam a influenciar essa ação. Tais conseqüências podem ser: rápidas e diretas, causando efeitos facilmente atribuíveis à causa; ou indiretas, no longo prazo (atrasos, ou delays) e com resultados menos perceptíveis. Quanto mais longo o prazo para ocorrer o loop e menos diretas as conseqüências, mais dificuldades tenderão a existir para que os agentes envolvidos, afetados ou interessados pela situação sistêmica em foco identifiquem as estruturas de retroalimentação.

Não é objetivo aqui elaborar estudo detalhado da construção de modelos mentais, e sim dar uma idéia dos passos necessários para a sua construção. Mas podem-se estabelecer as principais etapas para elaboração de um diagrama causal:

- **Geração das hipóteses** — Ao fazer uma análise de um sistema dinâmico de um problema gerencial, o primeiro passo é criar hipóteses sobre a estrutura fundamental do sistema que está gerando o problema. A partir daí, parte-se

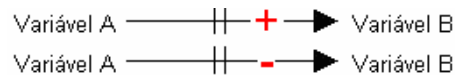
para a identificação das variáveis-chave, cujo conteúdo é objeto de análise e simulação (BASTOS, 2003).

- **Variáveis chaves (ou elementos):** São entidades ou fatores relevantes do sistema (ANDRADE,1997). A escolha das variáveis deve vir acompanhada de uma definição operacional e da especificação da unidade em que serão individualmente mensuradas (BASTOS, 2003).
- **Relacionamentos** — Recorrendo às hipóteses, as variáveis serão interconectadas por meio de setas, que indicam a direção de influência de um elemento sobre outro, para a descrição das relações causa-efeito-causa propostas. Os sinais próximos às pontas das setas (Figura ) indicam a polaridade, a forma de relacionamento dos elementos interconectados. Um aumento na variável antecedente causa uma diminuição na variável subseqüente (ANDRADE, 1997).



**Figura 12 – Estrutura básica de relacionamentos**

- **Atrasos (ou Delays)** — É fundamental para a dinâmica de sistemas a noção de que atrasos (delays) e de feedbacks, que são responsáveis por grande parte do comportamento de sistemas complexos. São os atrasos que se fazem presentes quando os efeitos da variação num dos elementos do sistema somente são percebidos após um tempo de espera. Na construção dos modelos, os delays são ilustrados no diagrama por duas barras paralelas ao longo do relacionamento que produzem efeito com atraso, como ilustrado na Figura (ANDRADE, 1997).



**Figura 13 – Representação de atrasos**

- **Enlaces (loops ou feedbacks)** — Um loop nada mais é do que a representação de um conjunto circular de causas e efeitos interconectados, definindo que a perturbação em um elemento causa uma variação nele próprio como resposta (o efeito de retroalimentação). Os loops podem ser positivos, chamados de “loops de reforço”, ou negativos, chamados de “loops de equilíbrio” ou “loops de balanceamento”.

## 2.10. Modelagem Hard – Diagramas de estoque e fluxo

Embora de grande ajuda, os diagramas de enlace causal não são competentes para a simulação computacional do comportamento das estruturas sistêmicas ao longo do tempo. É muito difícil antecipar situações futuras do sistema a partir deles. Para viabilizar a criação de um modelo adequado à simulação, empregam-se os diagramas de estoque e fluxo (VENSIM, 2005).

Estes diagramas – abordagem quantitativa da dinâmica de sistemas – apóiam-se na utilização das características estruturais definidas nos diagramas de enlace causal para se desenvolver um modelo de simulação do sistema. Esta abordagem quantitativa permite que se explore a evolução de um sistema ao longo do tempo e em um período de interesse (FERNANDES, 2001).

Em um diagrama de estoque e fluxo, a estrutura do sistema é representada matematicamente, permitindo quantificar as relações de causa e efeito entre os elementos do sistema (ANDRADE, 1997). Na perspectiva da dinâmica de sistemas, qualquer sistema, natural ou artificial, pode ser descrito em um diagrama de estoque e fluxo, por meio de uma linguagem composta de quatro elementos: estoques (“stocks”, ou níveis), fluxos (“flows”), auxiliares (“conversores e constantes”) e conectores

A dinâmica de sistemas prevê que todo comportamento dinâmico de um sistema está baseado no princípio da acumulação, que afirma que todo comportamento dinâmico no mundo ocorre quando fluxos se acumulam em estoques. Ou seja, o comportamento dinâmico surge quando algo flui por algum meio, acumulando-se (ou esgotando) de alguma forma. Na modelagem com diagramas de estoque e fluxo, variáveis físicas ou não podem fluir pelos fluxos se acumulando nos estoques (RADZICKI, 1997).

Com o objetivo de identificar essas estruturas, o modelador deve descobrir quais variáveis determinam o estado, a situação do sistema (seus estoques) e quais são as variáveis e os elementos que estabelecem as mudanças (seus fluxos) (RADZICKI, 1997). O Quadro 2 prevê exemplos de variáveis que podem ser classificadas como estoques e fluxos (BASTOS, 2003):

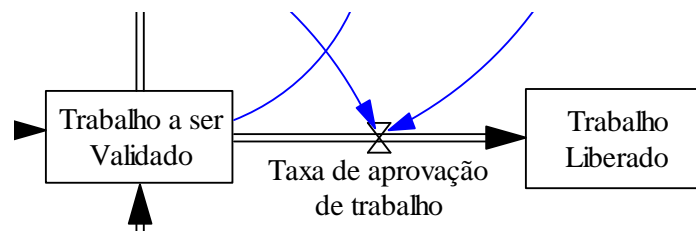
Fluxo de entrada (Verbo)	Estoque (Substantivo)	Fluxo de saída (Verbo)
Nascer	População	Morrer
Plantar	Reflorestamento	Cortar
Comer	Comida no estômago	Digerir
Contratar	Empregados	Demitir
Aprender	Conhecimento	Esquecer
Produzir	Estoque	Despachar
Construir	Prédios	Demolir
Financiar	Dívida	Pagar
Evoluir	Auto-estima	Retroceder

**Quadro 2 – Exemplos de variáveis**

Em princípio, um estoque pode carregar uma quantidade irrestrita de fluxos associados a ele. Na prática, em um modelo de dinâmica de sistemas, os estoques têm associados não mais que quatro ou seis fluxos de entrada ou de saída. O princípio da acumulação é garantido pela quantidade de fluxos que trabalham para mudar e se acumular num outro número de estoques (RADZICKI, 1997).

### 2.10.1. Estoque (stocks), ou nível

Coisas se acumulam ou se amontoam todo o tempo. A estes acúmulos, a dinâmica de sistemas chama estoques (ou níveis). Assim, estoque é uma simbologia genérica para tudo o que acumula ou se esgota. Por exemplo, a água se acumula em uma banheira. A qualquer instante a quantidade de água reflete o acumulado da quantidade que fluiu da torneira menos o que escoou pelo ralo. A quantidade de água na banheira é o estoque de água (BASTOS, 2003). Mesmo se o tempo for interrompido, os Estoques permanecem estáticos e podem então ser observados e medidos. Podem ser entendidos como os “substantivos” do sistema (FIG. 14).



**Figura 14 – Exemplo de estoques**

Numa estrutura ou situação de negócios, essas quantidades acumuladas podem ser, por exemplo, quantidade de clientes, market share, dinheiro em caixa, fadiga, dívidas, frustração, estresse, população, nível de conhecimento ou médias de dados estatísticos, tais como vendas médias, fluxo de caixa médio. Os estoques oferecem um quadro instantâneo da realidade, descrevem a condição do sistema.

Seus valores indicam como o sistema se encontra em qualquer momento do tempo. Os estoques possuem quatro características, que são cruciais para a determinação do comportamento dinâmico do sistema (RADZICKI, 1997):

1ª) Possuem memória (como resistência ou inércia). Se o fluxo em um estoque é interrompido, o nível ou quantidade acumulada no Estoque não será alterado, permanecendo estático no nível em que se encontrava no exato momento em que o fluxo foi interrompido. É exigido um fluxo de saída (drenagem, esgotamento ou escoamento) maior que o fluxo de entrada (alimentação) para se abaixar o nível do estoque. A importância desta característica não deve ser subestimada, porque as pessoas, muitas vezes, acreditam que o simples fato de interromper o fluxo em um determinado estoque é o bastante para que o problema gerado pelo nível no estoque seja resolvido. O problema apenas estará estabilizado em determinado patamar.

2ª) O padrão de acumulação no estoque, normalmente, não exibirá o mesmo padrão do fluxo. Isto pode ser observado simulando-se uma simples estrutura estoque-fluxo com diferentes padrões de Fluxo (RADZICKI, 1997).

3ª) Repartem (interrompem ou separam) os fluxos. Um estoque consegue isso diferenciando fluxos de alimentação dos fluxos de drenagem. Daí, abre-se a oportunidade de ocorrerem comportamentos de desequilíbrio. Adicionalmente, a separação de fluxos possibilita que os fluxos (de alimentação e de drenagem), distintamente, sejam controlados por fontes diferentes de informação (RADZICKI, 1997);

4ª) Os estoques criam atrasos (RADZICKI, 1997). Um atraso sempre estará presente em qualquer mudança em qualquer estoque. No processo de modelagem da dinâmica de sistemas, identificar padrões de atrasos é um importante passo, porque eles, freqüentemente, alteram o comportamento do sistema de diferentes maneiras. O distanciamento, o atraso entre causa e efeito, é provavelmente a razão pela qual decisores e gestores, freqüentemente, não percebem a dualidade, a conexão causa/efeito.

### **2.10.2.Fluxos (flows) e taxas**

São as mudanças que ocorrem nos estoques durante um período de tempo, como o fluxo de receitas auferidas ao longo do mês ou o rendimento sobre o capital aplicado no banco durante o trimestre. Os fluxos em um sistema são, normalmente, o resultado das decisões por parte da gestão ou de forças exógenas fora do controle dos gestores. Não podem

ser observados num único instante de tempo, exceto acumuladamente ou na média (BASTOS, 2003).

Se os estoques são os “substantivos”, os fluxos são os “verbos”. São as ações de variação que geram dinâmicas quando se acumulam nos estoques. A dinâmica em um sistema complexo não é criada a partir de padrões de feedback (relações de causa-efeito-causa), por mais natural que isso possa parecer. Padrões dinâmicos podem ocorrer com absolutamente nenhum feedback presente, porque é simplesmente o resultado do acúmulo dos fluxos nos estoques. Sem fluxos, os estoques nunca mudariam e não existiria qualquer dinâmica em todo o sistema. Sendo assim, os fluxos representam a atividade do sistema, e para isso dependem das quantidades e valores presentes nos estoques.

A flecha na extremidade do fluxo indica seu sentido e a borboleta no centro é o regulador do fluxo, chamado de taxa (Figura ). Este regulador conterá a “lógica”, ou a “regra de decisão”, que ajusta o volume do fluxo. Algumas vezes, o fluxo se inicia ou se encerra em uma nuvem, que representa um ponto limite do modelo. Essas nuvens nas extremidades de alguns fluxos são fonte ou escape da estrutura, significam o infinito e definem as fronteiras, os limites do modelo.

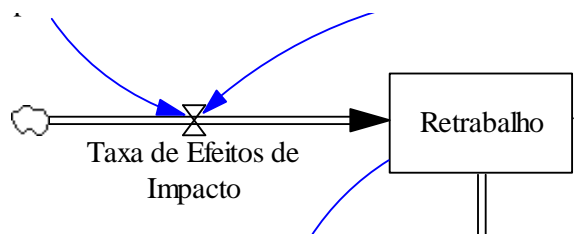


Figura 15 – Exemplo representação fluxo no VENSIM

### 2.10.3.Auxiliares: Conversores ou constantes

Auxiliares são variáveis intermediárias que podem, se necessário, ser usadas em lugar das equações dos fluxos para inserir, manipular ou converter dados. Um conversor é usado para combinar ou reformular informações. É o processamento algébrico de qualquer combinação de estoques, taxas de fluxos ou, mesmo, outros auxiliares. Embora possa, em algumas situações, confundir-se com estoques, não possui memórias, diferente destes.

Conversores são empregados para tratar e modelar informações, não o fluxo físico de bens e quantidades. Portanto, mudam sem qualquer atraso ou prazo; mudam



instantaneamente. Podem servir como inputs para os fluxos, mas nunca diretamente para os estoques, pois os fluxos são os únicos elementos capazes de mudar os estoques.

Por outro lado, os estoques servem e podem ser inputs para os conversores. Os reguladores dos fluxos (as taxas) e os conversores são definidos exatamente da mesma maneira, com a diferença de que as taxas estão conectadas à válvula do fluxo, e dessa forma controlam diretamente o fluxo. Constantes são, como diz o nome, elementos estáticos no tempo. São definidas com um valor inicial e mantêm este valor ao longo de toda a simulação, a menos que o modelador o mude.

#### 2.10.4. Conectores, ou links de informação

Representados por flechas simples e finas, os Conectores estabelecem conexões entre taxas de fluxos, auxiliares e estoques, permitindo que a informação passe. Definem de que maneira os elementos do sistema se dispõem conjuntamente. Nesse sentido, eles fecham os loops de retroalimentação, os feedbacks. Podem transferir os valores e quantidades dos estoques de volta aos fluxos, indicando a dependência dos fluxos em relação aos valores dos estoques, semelhante à óbvia dependência do estoque em relação ao fluxo.

A Figura mostra um exemplo simples de loop de retroalimentação positiva. Um montante, aplicado à taxa de juros gera um valor de rendimentos, que será adicionado a ele. Este novo montante (montante anterior + rendimento), após nova ação da taxa de juros, acrescenta novos rendimentos a esse novo montante, indefinidamente. A não ser que seja acrescentada uma nova variável ao sistema, por exemplo, um saque, as variáveis se reforçam continuamente (BASTOS, 2003).

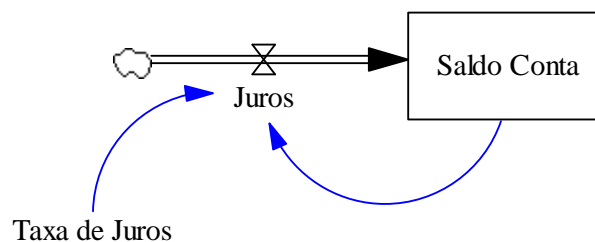


Figura 16 - Estrutura de retroalimentação

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: SISTEMAS DINÂMICOS APLICADOS À GESTÃO DE PROJETOS

Tendo avaliado as principais características de um projeto, com seus elementos constitutivos e os alicerces para a utilização da abordagem de sistemas dinâmicos, pode-se passar agora a uma análise conjunta desses elementos. A visão dinâmica aplicada ao gerenciamento de projetos é fundamental para alcançar o objetivo proposto nesse trabalho.

No capítulo 3, aborda-se como se pode aplicar a dinâmica de sistemas ao gerenciamento de projetos, ampliando a compreensão sobre o tema.

#### *3.1. A natureza das falhas em projetos e a abordagem tradicional*

Falhas em projetos podem ser causadas por vários fatores. Forças externas sem controle são freqüentemente citadas, mas as causas podem muito bem ser internas: sistema de gestão de projetos ineficaz, com práticas organizacionais e procedimentos pouco efetivos. Uma boa gestão em projetos deve ser apta em lidar com várias influências adversas e apesar disso, garantir a conclusão com sucesso do projeto, independente do ambiente em que está inserida (RODRIGUES, 2000).

Alguns estudos importantes sugerem que a causa principal da falha de projetos é encontrada em áreas como ambiente sociopolítico, acordos legais e fatores humanos. A maioria está relacionada com problemas estratégicos no gerenciamento de projetos. Fatores humanos têm um impacto crítico nos aspectos estratégicos da gestão em projetos. No nível estratégico, essa influência e sua subjetividade são mais difíceis de serem gerenciadas (RODRIGUES, 2000). Há a necessidade de entender melhor os aspectos estratégicos e humanos no gerenciamento de projetos e sua influência nas falhas do passado. Isso só pode ser atingido mediante uma análise sistêmica mais formal (COOPER 1993).

Uma boa revisão dos últimos desenvolvimentos pode ser encontrada em Williams (RODRIGUES, 2000). Várias técnicas são analisadas e descritas por esse autor. A conclusão interessante deste trabalho foi de que a modelagem baseada em PERT/CPM (técnica de caminho crítico) é inadequada para lidar com projetos de maior complexidade, porque elas não incorporam ações de gerenciamento, não endereçam adequadamente as incertezas associadas ao projeto e não capturam os efeitos “softs” relacionados aos aspectos humanos.

Muitas das inter-relações e causas em um projeto são não-lineares e causadas por retardos temporais (isto é, levam certo tempo para se manifestarem). Muitos dos problemas críticos em projetos resultam em uma pobre gestão estratégica desses fatores e, portanto, uma perspectiva holística é necessária para analisar todos esses fatores (RODRIGUES, 2000).

Projetos são sistemas complexos, e evidenciar esse tipo de problema pode ser uma das principais ajudas dadas pela abordagem dinâmica, baseada em SD (COOPER, 1993). O modelo desenvolvido por Cooper em 1980 para a Pugh-Roberts Associates foi a primeira e prática aplicação de sistemas dinâmicos no gerenciamento de projetos no mundo real. Foi primeiro desenvolvido como uma ferramenta de diagnóstico “post-mortem” para dar suporte em um programa de construção de navios.

### **3.2. *Controle em projetos***

O ciclo básico de controle em projeto é indicado pela seqüência na Figura 17. A resposta de gerenciamento a um deslize percebido nos prazos é a alocação de mais recursos — tipicamente, pessoas ao projeto — na esperança de um aumento da taxa de progresso. Esta típica ação pode reduzir a percepção no esforço remanescente e, eventualmente, trazer o projeto para a data prevista de conclusão, eliminando o desvio nos prazos. Uma resposta alternativa ao desvio percebido consiste em simplesmente ajustar os prazos. Entretanto, há mais fatores envolvidos, os quais podem prevenir a aplicação de mais recursos. Alguns desses fatores são discutidos a seguir, como forma de ilustrar a abordagem dinâmica em projetos (RODRIGUES, 2000).

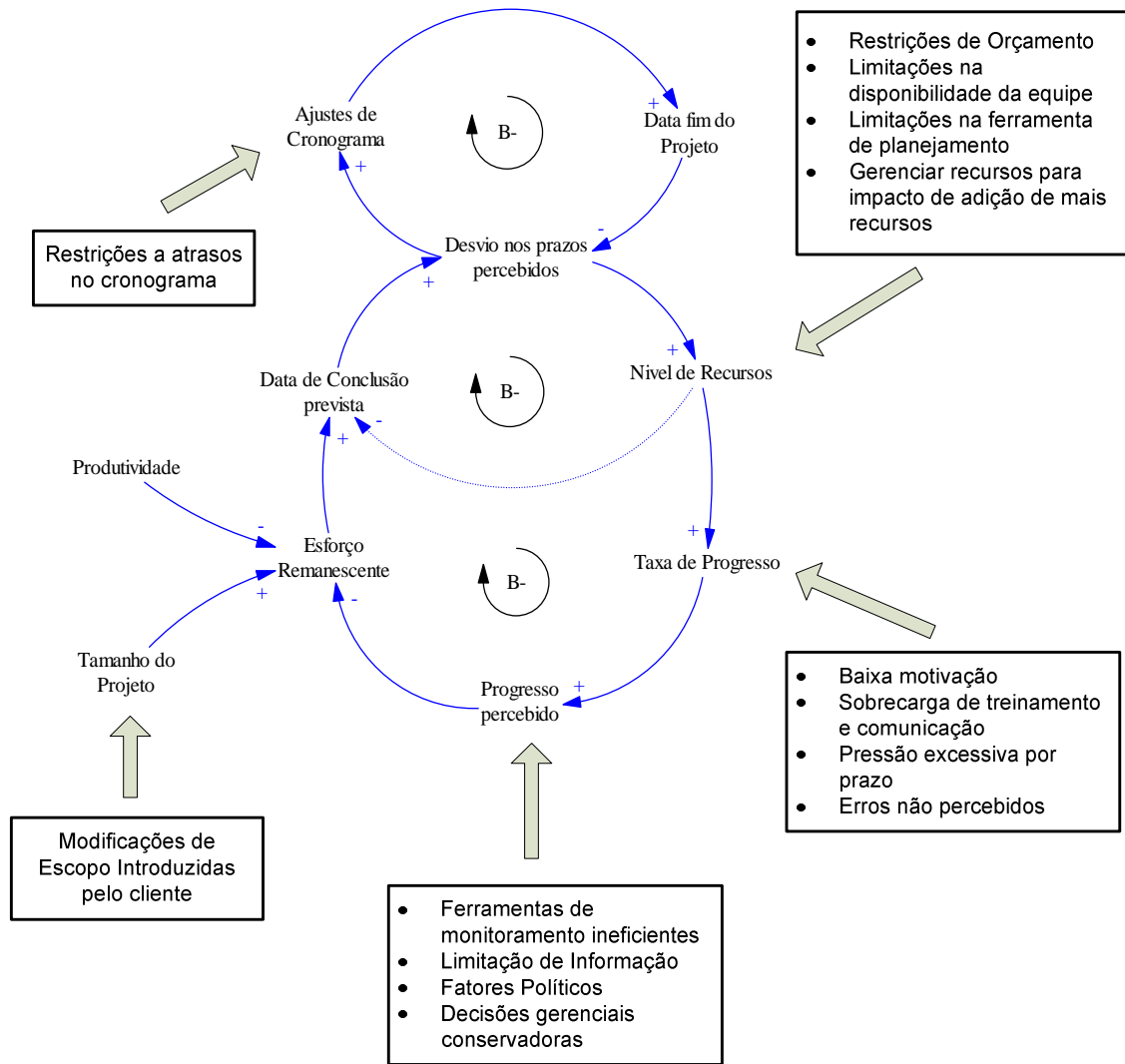
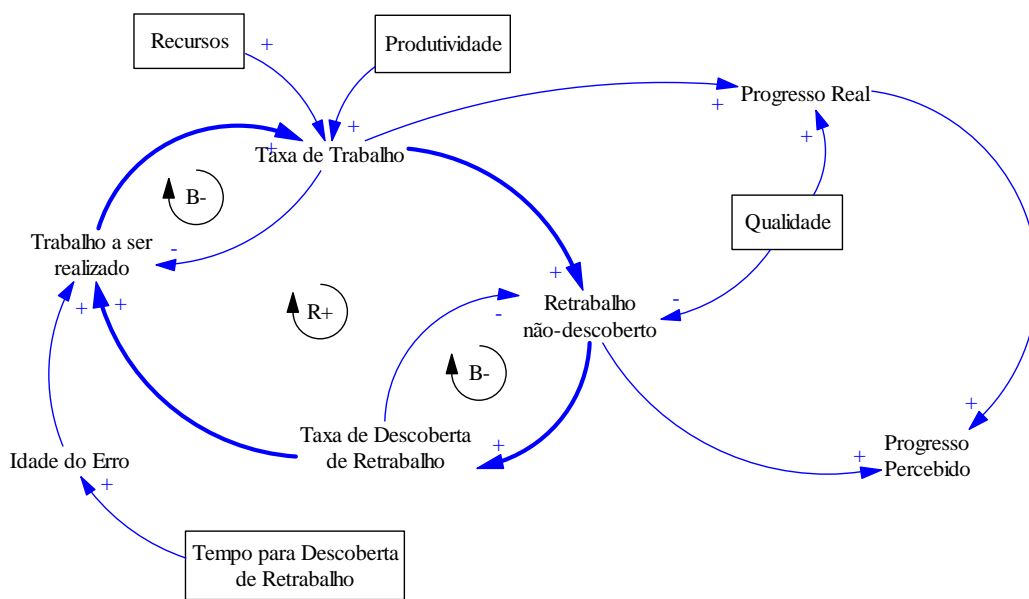


Figura 17 – Abordagem dinâmica baseada em retrabalho

### 3.3. Ciclo de retrabalho

A diferença entre o progresso percebido e alcançado em um projeto é explorada com mais detalhes no ciclo de retrabalho ilustrado na Figura 18. A taxa de trabalho é determinada pela disponibilidade de recursos e pela sua produtividade. Com o tempo, a quantidade de trabalho remanescente deve reduzir. Entretanto, a qualidade do trabalho pode não ser perfeita, e erros podem ser gerados. Após algum tempo, esses erros são detectados e o retrabalho é identificado, aumentando a quantidade de trabalho remanescente.

A quantidade de retrabalho requerido também será dependente da “idade dos erros”. Se o erro é fundamental, necessitando, por exemplo, de uma mudança na especificação, todo o progresso percebido após o erro pode ser desperdiçado. O ciclo principal nessa estrutura é o enlace de reforço (indicado por R+), com mais trabalho sendo gerado mais erros e mais turnos de trabalho. De qualquer forma, os dois enlaces de balanceamento (indicados por B) deveriam contra-atacar este efeito de acúmulo de trabalho. O espaço entre o progresso percebido e alcançado pode ser difícil de aproximar, podendo aparentar que todo o projeto está perto do fim, mas o projeto permanece obstinadamente em 90% de trabalho concluído. É a “Síndrome dos 90%” (RODRIGUES, 2000).



**Figura 18 – Ciclo de retrabalho**

A estrutura de ciclo de trabalho identifica quatro fatores na gestão de controle de um projeto: nível de recursos, produtividade; qualidade; e tempo para descoberta de retrabalho. Tipicamente, o foco do gerenciamento está no nível de recursos e a produtividade como chaves para o sucesso de um projeto. Entretanto, experimentos com o ciclo de retrabalho sugerem que a qualidade e a taxa de descoberta de erro são fatores mais importantes (COOPER, 1993). Uma abordagem mais efetiva deveria ser reduzir o número de erros ou, pelo menos, o tempo para a sua detecção.

### 3.4. Gestão de recursos humanos e controle em projetos

O ciclo básico de controle de projetos, ilustrado na Figura 19 inclui referência de vários fatores que podem limitar a efetividade na alocação de mais recursos, no intuito de acelerar um projeto. Esses fatores são examinados no contexto da gestão de recursos humanos no ciclo da Figura 19. O ciclo assume que a contratação de pessoal adicional pode ser uma resposta ao desvio nos prazos do projeto. Diferentes gestores terão abordagens distintas, com alguns contratando e alocando mais recursos e outros preferindo uma política mais estável. Enquanto a contratação de equipe adicional pode ser valiosa, há um efeito negativo secundário, que frequentemente conspira para a redução da efetividade da ação, tendo, aliás, como resultado imediato a redução da taxa de progresso real.

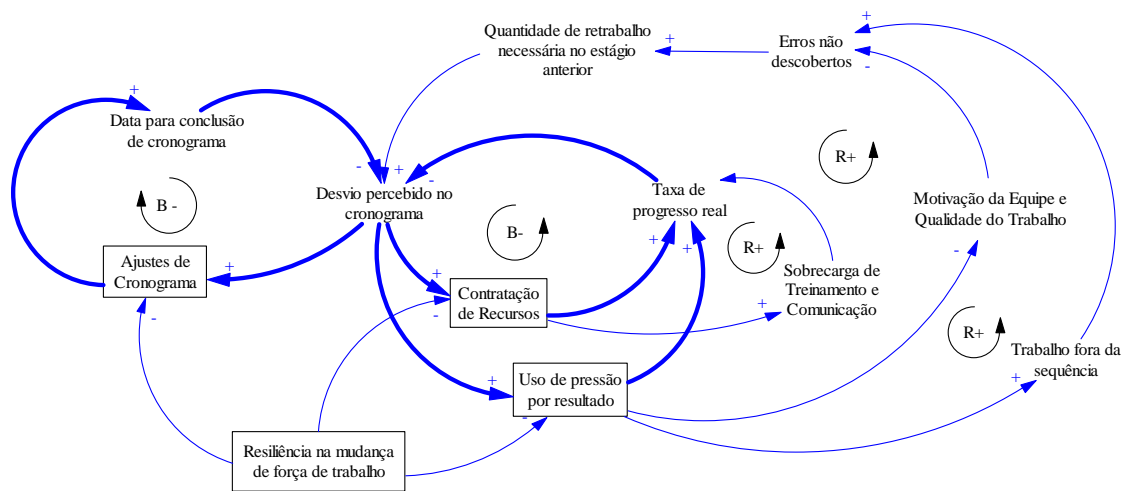


Figura 19 – Gerenciamento de recursos humanos em controle de projetos

A Figura 19 inclui os requerimentos de treinamento da nova equipe: curvas de aprendizagem são incorporadas ao modelo, com a taxa de trabalho dos novos recrutas levando algum tempo para incorporar suas experiências ao projeto. O modelo também inclui a redução da disponibilidade dos profissionais existentes enquanto eles estão com parte de seu tempo destinado a atividades de treinamento. Sobrecargas associadas à comunicação podem ser incluídas, refletindo a necessidade de mais burocracia e controle da nova configuração de trabalho. Isso acaba reduzindo o impacto esperado da alocação de equipe adicional e contribui para a possibilidade de que o recrutamento possa, até mesmo, reduzir a taxa de progresso do projeto (RODRIGUES, 2000).

Uma alternativa de abordagem para aumentar o progresso do projeto pode ser colocar a equipe envolvida sob maior pressão para a entrega e o cumprimento dos prazos.

Novamente, isso pode aumentar a taxa de progresso, mas pode ter efeitos secundários. A motivação e a qualidade do trabalho podem cair e pode haver uma tendência de estrangular o trabalho ou de realizá-lo fora de ordem (como em uma abordagem “fast-track” ou usando paralelismo de atividades) como forma de garantir os prazos previamente estabelecidos. Uma consequência desse efeito poderia ser um aumento na geração de erro e retrabalho, acabando por culminar em desvios de prazo. Novamente, o modelo SD tem a capacidade de incluir importantes cenários, os quais de outra forma seriam difíceis de serem explicitados.

### **3.5. *Uso dos modelos dinâmicos***

Uma gama de vários tipos de aplicação dos modelos de projetos baseados em SD pode ser definida a partir de diferentes critérios. Cooper (1997) propôs quatro categorias principais: a) pré-projeto e análise de risco; b) suporte para gerenciamento de projetos ao longo de sua execução; c) diagnóstico pós-projeto; e d) treinamento e melhorias.

Essa classificação considera diferentes preocupações de acordo com o tipo de ambiente, o propósito principal da aplicação e o nível das análises. A proposta da aplicação pode variar consideravelmente de caso a caso, mas no geral os propósitos principais podem ser divididos em duas categorias: (RODRIGUES, 2000)

- a) O modelo é desenvolvido para representar a dinâmica geral de como os projetos funcionam. É usado como ferramenta de aprendizagem para melhoria de políticas.
- b) O modelo é desenvolvido para representar um projeto específico associado a um cenário real. É usado para produzir estimativas quantitativas ou previsões para serem usadas na prática. Essas duas propostas podem ser divididas em uma análise qualitativa, para o primeiro cenário (abordagem soft), ou quantitativa, para o segundo cenário (abordagem hard).

### **3.6. *Abordagem tradicional e sistemas dinâmicos***

As técnicas tradicionais (baseada nas boas práticas) estão fundamentadas na premissa de que, enquanto cada projeto pode ser único, muitos dos elementos constitutivos foram experimentados anteriormente (como descrito no processo de “lições aprendidas”). O trabalho do projeto consiste, portanto, em decompor em elementos, por exemplo, atividades que podem ser individualmente relacionadas com experiências anteriores.

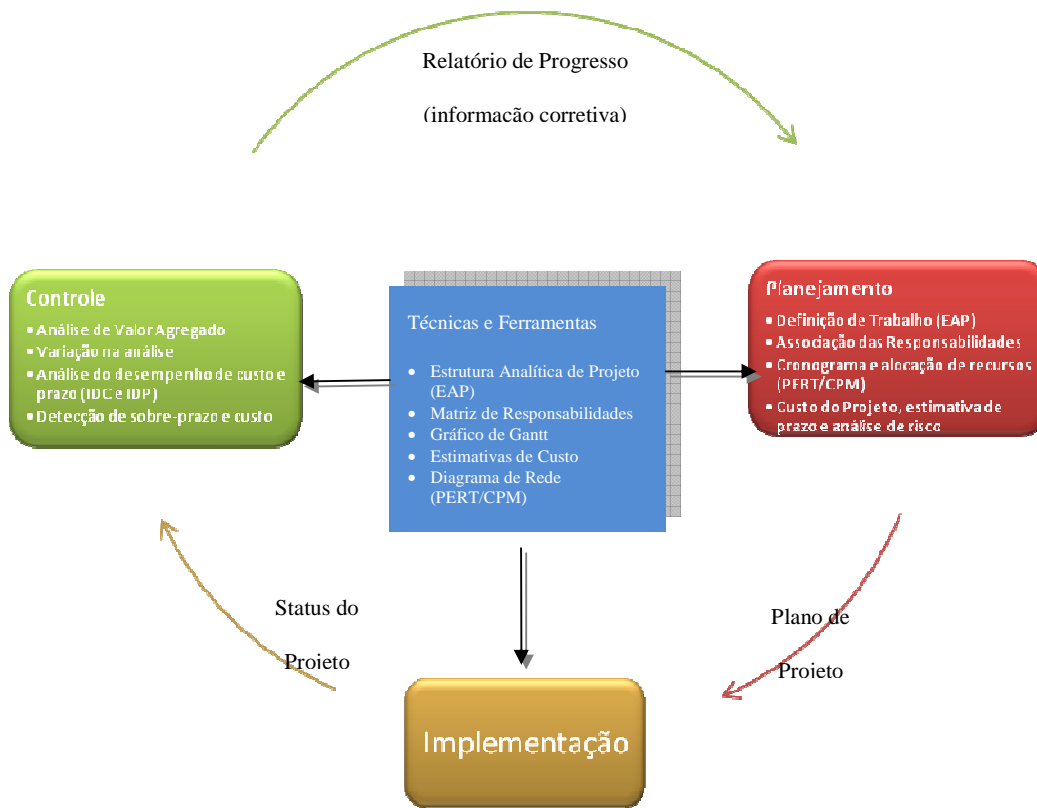
Isso é tipicamente representado em EAP (Estrutura analítica de projetos). Assim, é possível produzir uma estimativa razoável da duração, do custo e dos recursos para cada elemento. A lógica do projeto é representada em um planejamento em forma de rede de relações (tipicamente designados como redes de PERT/CPM), em que os pacotes de trabalho no EAP são relacionados de acordo com as dependências predecessoras (RODRIGUES, 2000).

Esta abordagem assume que um projeto bem ordenado promove um bom desempenho do desenvolvimento do projeto até a sua conclusão. Isso sugere que apenas projetos bem ordenados têm sucesso. A abordagem tradicional também assume que todas as informações necessárias estão disponíveis no início do projeto, possibilitando o desenvolvimento de um planejamento ótimo em que a preocupação do gerenciamento é manter o projeto nos trilhos.

Na prática, a gestão precisa ser dinâmica, respondendo a novas informações e adaptando o planejamento, ao invés de mantê-lo rigidamente, como o previsto em planejamento. O desenvolvimento de novos produtos e serviços em mercados competitivos não possibilita uma estagnação, conforme previsto nos modelos tradicionais.

A idéia da abordagem tradicional baseia-se em uma metodologia sistêmica: os ciclos de controle (ciclo PDCA). Considera-se que o gerenciamento de projetos baseia-se na dinâmica dos processos de controle, que se inicia com o projeto e interage com o ambiente ao seu redor (RODRIGUES, 2000). A organização de projeto está integrada com a estrutura de trabalho, provendo a associação das pessoas envolvidas no projeto. Controle e planejamento são continuamente praticados mediante o uso de várias técnicas e ferramentas, enquanto os processos de implementação permanecem seguindo as “boas práticas”. A Figura 20 ilustra essa dinâmica:

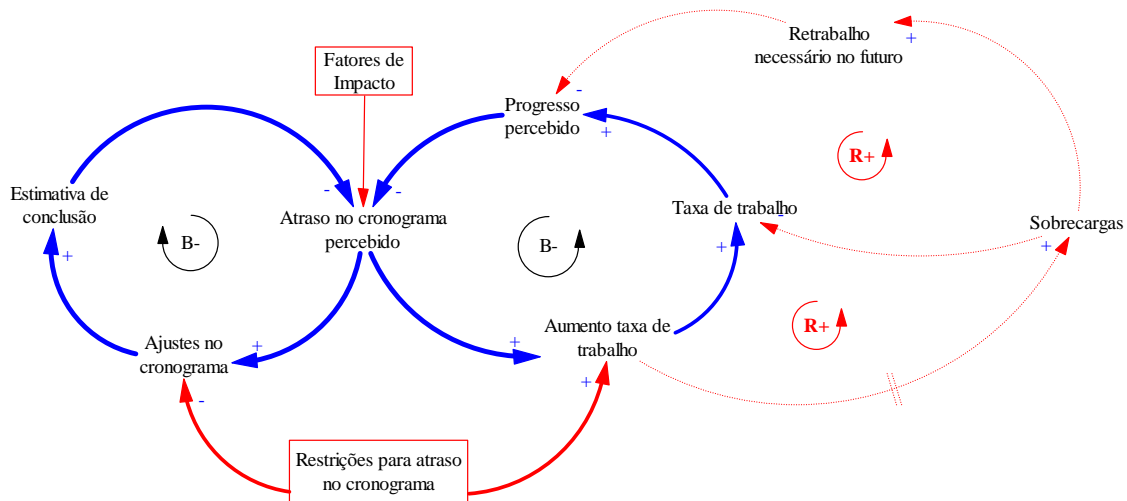




**Figura 20 – Abordagem tradicional com ciclo PDCA**

A aplicação dos sistemas dinâmicos no gerenciamento de projetos é, normalmente, centrada no desenvolvimento de um modelo de projeto. Esse desenvolvimento é baseado em uma perspectiva holística de processos de realimentação, e o modelo incorpora as principais forças que direcionam o comportamento geral do projeto (RODRIGUES, 2000).

A estrutura principal do modelo de projeto inclui dois principais enlaces de controle e vários enlaces de retorno com efeito de longo prazo, como mostrado na Figura 21.



**Figura 21 - Representação simplificada do modelo SD de projetos**

A principal característica do projeto, em termo do gerenciamento, está relacionada à tendência natural de desviar-se das metas previamente estabelecidas ao longo do seu ciclo de vida. Isso pode ser causado por problemas internos, como baixa produtividade, ou por fatores externos perturbadores ao projeto, como mudança de requerimentos de escopo, a pedido do cliente final. Geralmente, esses desvios têm um impacto imediato no cronograma do projeto, atrasando a data de conclusão. Para balancear os efeitos desse atraso, os gestores podem seguir dois caminhos diferentes: a) negociar o adiamento do projeto com os clientes; ou b) implementar várias ações, com a intenção de aumentar a taxa de trabalho no projeto, como usar recursos em horas-extras de trabalho, pressionar pela entrega, recrutar recursos extras, aumentar o paralelismo no projeto (atividades concorrentes) ou, mesmo, reduzir a qualidade do trabalho entregue. Na prática, o gerenciamento oscila entre essas duas alternativas. O atraso na entrega final do projeto cria um enlace típico, no qual a meta desejada é reajustada para a capacidade atual do sistema. Ao contrário, aumentando a taxa de trabalho cria-se um segundo tipo de enlace, no qual o sistema é reordenado para garantir o cumprimento do prazo previamente estabelecido. Para ajudar os gerentes de projeto a implementar efetivamente essas medidas de controle, a abordagem tradicional inclui uma gama de ferramentas e técnicas que suportam o monitoramento e o re-planejamento (Figura 20).

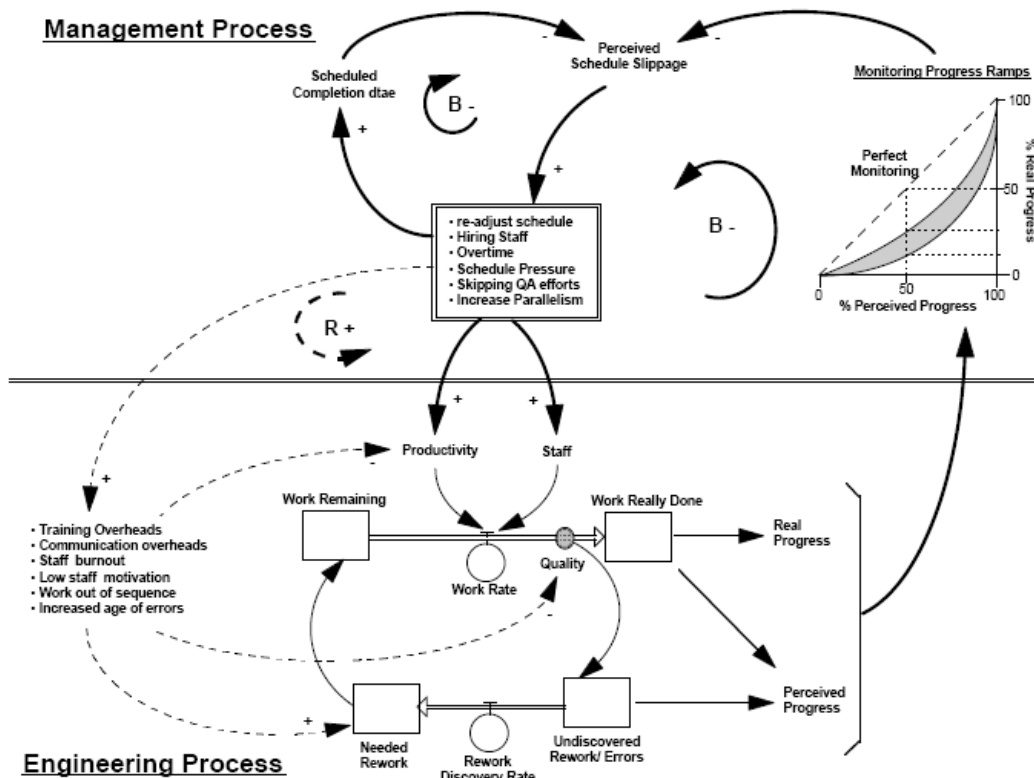
Entretanto, na realidade, há vários fatores indiretos e subjetivos que tendem a degradar o desempenho dos mecanismos de controle: a) efeitos contrários ao esperado (como sobrecarga de treinamento e comunicação reduzindo a produtividade total); ou b) criação de necessidade de uma quantidade de retrabalho em estágios mais avançados do projeto e

indução a um contingenciamento não mais possível. Em ambos os casos esses fatores e efeitos degenerativos, no longo prazo, irão reforçar o problema inicial do atraso (ciclos viciosos de decisão). A estrutura de projetos com base em SD pode capturar e explicitar esses enlaces de reforço, que são realmente responsáveis pelos atrasos e sobre custos.

A estrutura simplificada de projetos ilustrada na Figura 21 possui a seguinte dinâmica: contratando mais recursos, aumentam-se as sobrecargas de trabalho relacionadas a treinamento e comunicação, promovendo um efeito contrário ao desejado (aumento da taxa de trabalho). Esse efeito de longo prazo é difícil de ser quantizado, uma vez que não é considerado explicitamente no modelo tradicional (melhores práticas).

Outro efeito típico é o aumento da geração de erro, o qual só é reconhecido, muitas vezes, na fase final de teste dos produtos do projeto. Os efeitos citados resultam de decisões que tinham como intenção aumentar a taxa de trabalho, tais como: excessiva pressão pela entrega e, conseqüentemente, fadiga dos recursos; e redução da qualidade das atividades. Quando esses erros são descobertos, resulta em uma quantidade enorme de retrabalho. Capturando ambos os enlaces de controle e degenerativos, a abordagem baseada em sistemas dinâmicos provê uma visão pragmática e mais realista de como os projetos se comportam.

Para incorporar a estrutura de retorno, um modelo SD é integrado em dois níveis: a) processo de gerenciamento; e b) processo de engenharia. Os processos de engenharia consistem em atividades físicas responsáveis por desenvolver um produto (saída), enquanto os processos de gerenciamento incorporam as funções de monitoramento e planejamento, responsáveis por manter o trabalho no curso. A Figura 22 ilustra uma representação desta perspectiva integrada (COOPER, 1993).



**Figura 22 – Perspectiva integrada dos processos de gerenciamento e engenharia**

**Fonte: Rodrigues (2000)**

A modelagem dos processos de engenharia é baseada em três principais premissas:

- 1ª) A qualidade do trabalho desenvolvido a primeira vez não é perfeita e, portanto, contém erros.
- 2ª) Esses erros tendem a permanecer despercebidos durante certo período de tempo e tendem a representar certa quantidade de retrabalho não descoberto.
- 3ª) Quando os erros são detectados, este retrabalho é descoberto e se junta ao estoque de trabalho remanescente do projeto.

Essas três premissas são a base do ciclo de retrabalho discutidos anteriormente. O impacto dessas hipóteses nos processos de gerenciamento pode ser assim caracterizado: o progresso percebido, incorporando o “trabalho entregue” e o “retrabalho não descoberto”, difere do progresso alcançado, o primeiro sendo maior do que o segundo. Essa diferença é representada pelas “rampas de monitoramento” previstas por Cooper (1993) e ilustradas na Figura 22. Em uma situação de perfeito monitoramento, o progresso percebido e o progresso alcançado são exatamente os mesmos (diagonal pontilhada). Entretanto, quando o progresso

percebido atinge 50% o progresso alcançado cai em torno de 20% a 30% (área sombreada). Finalmente, quando o projeto atinge 90% (progresso percebido), o projeto avança vagarosamente (síndrome dos 90%). A estrutura de modelo baseada em SD, utilizada neste estudo, captura como a gestão do projeto deve ser implementada no mundo real, em que as decisões devem ser tomadas considerando essas imperfeições no monitoramento do projeto.

De forma resumida, podem-se ilustrar as principais diferenças das abordagens no quadro comparativo, ilustrados Quadro 3 (RODRIGUES, 2000):

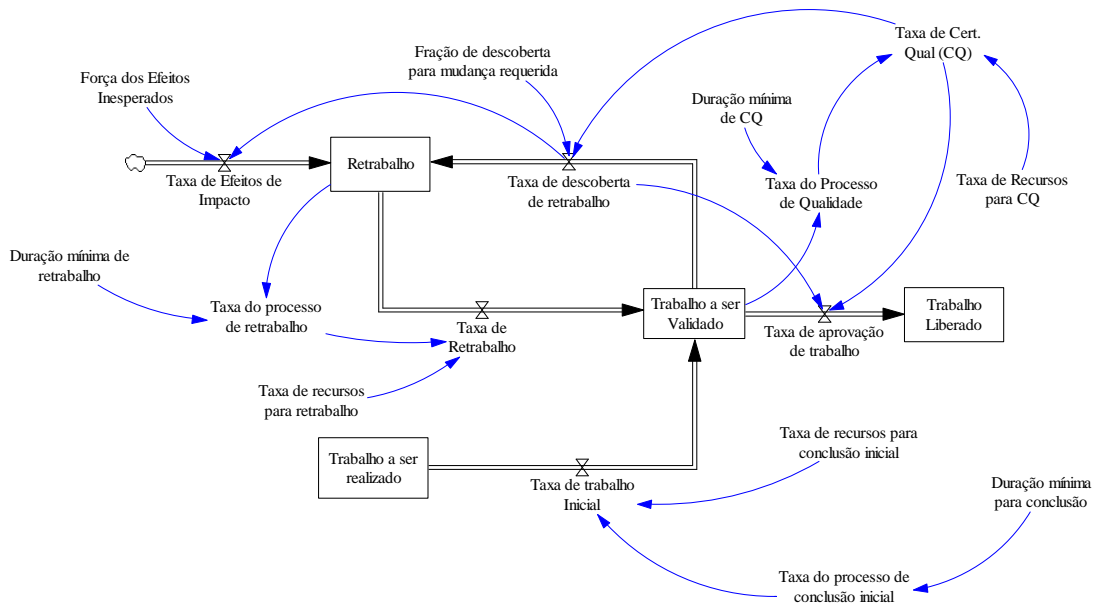
	<b>Abordagem Tradicional</b>	<b>Abordagem Sistemas Dinâmicos</b>
<b>Fatores considerados explícitos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lógica da estrutura de trabalho</li> <li>• Custo dos recursos</li> <li>• Custos Indiretos</li> <li>• Limitações na disponibilidade dos recursos</li> <li>• Requerimentos de trabalho dos recursos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualidade na performance de trabalho</li> <li>• Produtividade</li> <li>• Nível de experiência, aprendizagem e treinamento</li> <li>• Pressão por entrega sobre a equipe de projeto</li> <li>• Geração de retrabalho e tempo de descoberta</li> <li>• Equívocos entre percepção e realidade</li> <li>• Motivação da equipe</li> <li>• Relações entre o cliente e time de projetos</li> </ul>
<b>Decisões Gerenciais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trade-off de custos X prazo em atividades atrasadas</li> <li>• Mudança nos prazos das atividades</li> <li>• Agendamento dos recursos</li> <li>• Mudanças na lógica da estrutura de trabalho do projeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contratação de pessoal X atrasos nos prazos de conclusão do projeto</li> <li>• Introdução de novas tecnologias</li> <li>• Esforço na certificação de qualidade</li> <li>• Esforço no tempo de descoberta de retrabalho</li> <li>• Trade-off custo X prazo, na contratação de recursos</li> <li>• Agendamento de múltiplos projetos</li> <li>• Alocação de recursos em diversos projetos (gestão de portfólio)</li> <li>• Troca de Gestor</li> <li>• Estimativa de prazo e custo</li> <li>• Mudanças no cronograma das diversas fases de um projeto</li> </ul>
<b>Eventos duvidosos implicam...</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atrasos no cumprimento dos prazos</li> <li>• Exaustão dos prazos nas atividades</li> <li>• Exaustão dos recursos</li> <li>• Incerteza na duração para conclusão de uma atividade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mudanças no escopo do projeto</li> <li>• Mudanças nos níveis de qualidade e produtividade</li> <li>• Atraso na entrega de informações ao cliente</li> </ul>
<b>Estimativas mais importantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Duração do projeto</li> <li>• Custo do projeto</li> <li>• Alocação de Recursos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Duração do projeto</li> <li>• Custo do projeto</li> <li>• Alocação de pessoal</li> </ul>

**Quadro 3 - Comparativo da abordagem de SD versus abordagem tradicional**

### ***3.7 Modelo dinâmico para análise de ponto de inflexão***

Quando aplicada, a dinâmica de sistemas em projetos, foca a resposta ao desempenho do projeto, para interações entre as decisões gerenciais e o desenvolvimento de processos. Sistemas dinâmicos podem ser bem sucedidos quando aplicados a uma variedade de problemas na gestão de projetos, incluindo falhas em projetos, com a implementação em “fast-track” (FORD e STERMAN 1998), baixo desempenho no cronograma, impactos no desempenho associado a mudanças (RODRIGUES 1997) e preocupações com re-trabalho (FORD e STERMAN 2003).

O modelo consiste em dois setores: a) setor de fluxo de trabalho (FIG 23); e b) setor de alocação de recursos. O setor de fluxo de trabalho baseia-se na estrutura desenvolvida por Ford e Sterman (2003) para o desenvolvimento de cadeia de valor do ciclo de retrabalho. A mesma estrutura, ou similar, vem sendo utilizada extensivamente para investigar a dinâmica de projetos e problemas de gestão. Nessa estrutura, o trabalho inicial a ser realizado vai do estoque “trabalho a ser realizado” para o estoque “trabalho a ser validado” (certificação da qualidade do trabalho). O trabalho que passa na certificação de qualidade é aprovado e vai para o estoque de “trabalho liberado”. O trabalho descoberto devido a mudanças no projeto segue para o estoque de “Retrabalho” (Estoque de Retrabalho RT). O estoque RT pode ser incrementado por trabalhos que surgem devido a efeitos não previstos ou de impacto. O retrabalho concluído volta novamente para a certificação de qualidade, pois o retrabalho pode revelar novos aspectos ocultos ou criar novos requerimentos de mudança.



**Figura 23: Modelo simplificado para análise de pontos de inflexão**

O detalhamento das equações do modelo apresentados na Figura 23 segue no apêndice em anexo (Apêndice C – Equações modelo dinâmico), dividido em: estoques e fluxos e variáveis auxiliares.

Uma única alteração em relação ao modelo básico de dinâmica de projetos proposto por Cooper (1993) e trabalhado por Ford e Sterman (1998) consiste na adição dos “efeitos de impacto” ao modelo (TAYLOR, 2003). Os efeitos de impacto adicionam trabalho ao projeto, além do escopo inicial. Eventos de impacto, funcionam como uma onda de impacto (ripple effects): mudanças na legislação ou riscos tecnológicos frequentemente geram loops de reforço no projeto, ocasionando trabalho adicional e retrabalho ao escopo original do projeto. Isso significa que o modelo básico de dinâmica de projetos, para simular eventos inesperados, como mostrado na Figura 23, deve possibilitar acréscimo de retrabalho ao estoque correspondente durante o desenvolvimento do projeto.

Para adicionar eventos de impacto ao modelo, assume-se que quando é descoberto no fluxo de retrabalho o trabalho é adicionado à quantidade no estoque de retrabalho:

$$R_{EI} = (D_{RT}) (F_{EI})$$

Em que:

$$R_{EI} - \text{Taxa de efeito impacto \{pacotes de trabalho/semana\};}$$

$D_{RT}$  – Taxa de descoberta de retrabalho {pacotes de trabalho/semana}; e

$F_{EI}$  – Força de efeito de impacto {fração}.

A força do “efeito impacto” é uma característica associada a cada projeto, que descreve o tamanho do impacto que a porção de retrabalho do projeto tem no escopo original.

Os fluxos entre o estoque de trabalho a ser realizado (TR), qualidade (CQ) e retrabalho (RT) podem ser definidos pela taxa de trabalho e os recursos associados (Eq. (11) a (16) – ver Apêndice C). A taxa de trabalho é a quantidade de trabalho disponível (recursos), dividida pela mínima quantidade de tempo necessário para concluir um pacote de trabalho. A taxa de recursos é o produto do número de recursos associados ao projeto de cada atividade e a produtividade de cada recurso.



## 4. PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PROJETOS

Neste capítulo, serão apresentados as etapas e os processos que devem ser conduzidos para estabelecer uma ferramenta capaz de avaliar o desempenho de projeto e sugerir os elementos na gestão de projetos que devem ser incorporados para que os aspectos dinâmicos do projeto possam ser geridos de forma eficiente.

### 4.1. *Desenvolvimento da metodologia de pesquisa*

As características associadas a um projeto o tornam um sistema complexo de ser analisado ou gerido apenas com técnicas baseadas em melhores práticas. Faz-se necessário compreender o funcionamento do projeto como um todo, incorporando os aspectos dinâmicos do seu desenvolvimento.

Um projeto possui características próprias. Algumas delas se repetem como padrões arquetípicos. Entretanto, o mesmo oscila em torno desses padrões. O grau de oscilação do desenvolvimento de um projeto é tanto maior quanto maior for o grau de inovação e complexidade associado a ele. Mister se faz em garantir que essas oscilações possam ser monitoradas e, acima de tudo, geridas.

É fundamental que o gestor disponha de ferramentas capazes de avaliar e acompanhar momentaneamente a saúde do projeto e que essa “fotografia” reflita o maior número de variáveis dinâmicas possíveis. Assim, pode-se traçar um panorama geral de como conduzir uma pesquisa para tentar suprir essa demanda:

- Definir um modelo dinâmico de projeto baseado em SD que possa ser utilizado para avaliar o comportamento de projetos.
- O modelo deve possuir variáveis capazes de incorporar eventos dinâmicos que possam ocorrer ao longo do desenvolvimento do projeto.
- Deve ser possível realizar simulações qualitativas e quantitativas do modelo proposto para avaliar impactos endógenos e exógenos a projetos.
- Disponibilizar um indicador que incorpore os elementos dinâmicos da gestão e que forneça uma “fotografia” simplificada e sensível (perceptiva ao gestor) para tomada de decisões

- Definir linhas gerais na gestão em projetos para os cenários simulados.
- Uma vez com os cenários hipotéticos traçados e simulados, pode-se aplicar essa avaliação a casos reais de projetos e mensurar o grau de aderência do indicador a gestão de projetos.

Como forma de nortear os trabalhos de desenvolvimento, algumas hipóteses que se deseja comprovar devem ser determinadas. São elas:

- A dinâmica de sistemas pode ser aplicada para analisar cenários de projeto.
- Podem-se mapear projetos de maneira simplificada como sendo um conjunto de atividades/trabalho.
- Por meio de uma análise quantitativa, deve ser possível determinar quando um projeto deixa de progredir e passa a degradar.
- A técnica de ponto de inflexão reflete o desenvolvimento do projeto, considerando como variável o estoque de trabalho do projeto.

#### ***4.2. Adequações ao modelo dinâmico***

Um modelo baseado em sistemas dinâmicos de um desenvolvimento de projeto foi construído para investigar a dinâmica dos “pontos de inflexão”, o qual se baseia no modelo apresentado no tópico **3.7**.

O modelo utilizado foi simplificado para expor as relações entre os pontos de inflexão, os comportamentos de projetos e o gerenciamento. Por isso, apesar de os processos de desenvolvimento e as características dos participantes interagirem para determinar o desempenho de projeto, apenas aquelas características que descrevem a estrutura do ponto de inflexão, as políticas de gestão em projetos e os processos fundamentais impactados estão incluídos na análise. Por exemplo, a quantidade de recursos e a produtividade estão assumindo valor fixo e todo o estoque de trabalho está sendo assumido como destinado ao projeto (não há inter-relações entre projetos analisados). As simulações usando diferentes políticas são, por isso, consideradas úteis para aumentar o entendimento e o desenvolvimento de descobertas, mas não são suficientes para a definição final de uma ferramenta de predição ou planejamento, apenas contribuindo para o aprimoramento da gestão em projetos (para outras finalidades a mesma teria que ser validada, o que não é o escopo desta dissertação).

A política de alocação de recursos com base na sensibilidade do gestor é adotada no modelo. A quantidade de recursos alocados é proporcionalmente relacionada à quantidade

inicial de trabalho. A certificação de qualidade e as atividades de retrabalho são proporcionais à demanda dessas atividades. A fração demandada dos recursos alocados para cada atividade é definida pelo tamanho relativo de cada estoque. Por exemplo, se o estoque de retrabalho atual corresponde a 40% de todo o estoque do projeto ( $TR + CQ + RT$ ), a atividade de retrabalho consumirá 40% dos recursos alocados. Frações de recursos disponíveis são ajustadas em atraso ao longo do projeto, em relação à fração de recursos desejada. Esse atraso representa o somatório de ajuste dos recursos a sua nova atividade.

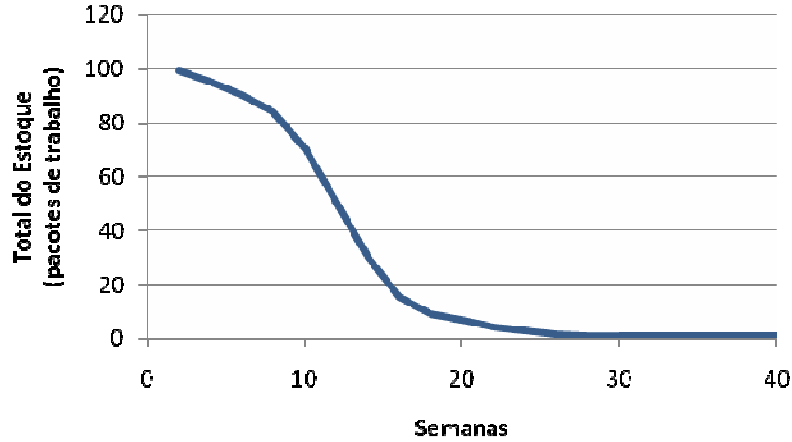
O ajuste dos recursos e o atraso associado podem ser tanto maiores quanto maior for o número de informações e atividades físicas que ocorrem para a completa alocação dos recursos (viagem da equipe ao local do projeto, entendimento dos processos vigentes, etc.), o tempo associado a essas atividades e os pré-requisitos necessários para os processos. Por exemplo, a realocação de metalúrgicos para corrigir uma estrutura flambada de aço requer a inspeção das conexões da viga, a coleta dos tamanhos, os esforços realizados, a previsão de metalúrgicos necessários para correção, e o alinhamento com os gestores dos metalúrgicos a serem alocados nas novas atividades, etc.

### ***4.3. Validação do modelo e comportamento típico***

O modelo é validado usando a metodologia padrão da dinâmica de projetos. A modelagem com projetos previamente validados e a literatura disponível garantem a similaridade do desenvolvimento de processos e a prática como unidades da consistência dos testes (FORD 2004). As condições extremas de teste são definidas com as entradas do modelo, como o escopo inicial ou o total de pessoas igual a zero e a simulação do comportamento do projeto. Como esperado, nenhum trabalho é realizado.

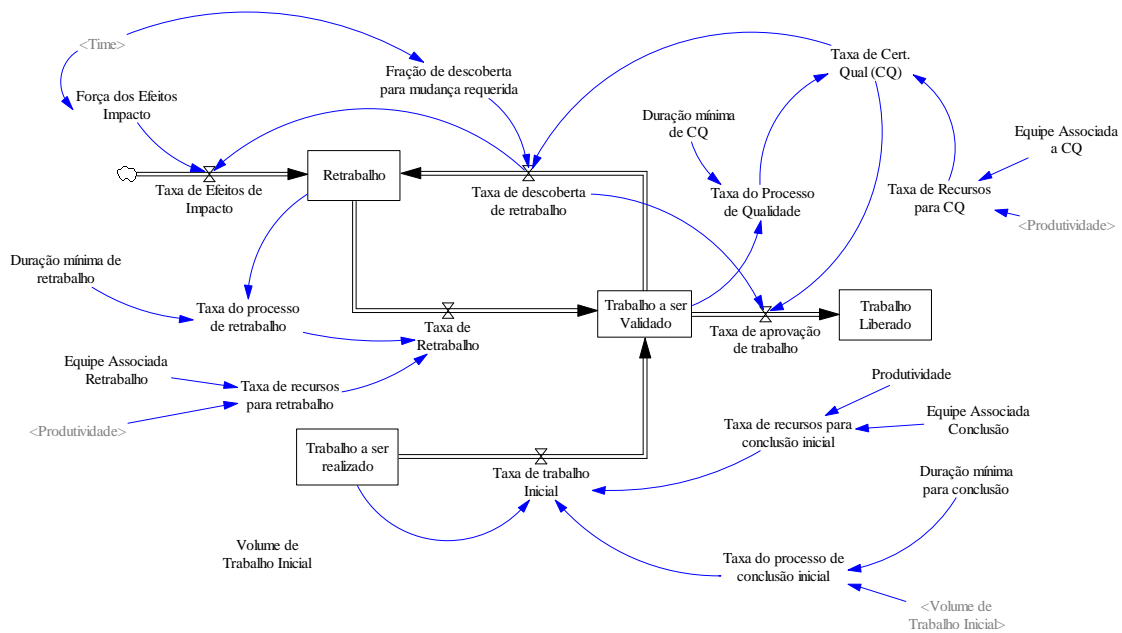
O simulador utilizado para as análises de sistemas dinâmicos é o VENSIM, versão PLE. As configurações utilizadas em cada simulação seguem descritas ao longo da análise.

A Figura 24 mostra o típico comportamento do estoque total do projeto ( $TR$ ,  $CQ$  e  $RT$ ). Como um progresso de um projeto que teve sucesso, o estoque total inicialmente diminui vagarosamente como em uma cadeia de valor cheia de trabalho a ser realizado. O progresso aumenta com a estabilidade da produção e diminui para zero vagarosamente até esvaziar todo o estoque, indicando que o projeto está completo.



**Figura 24 - Comportamento típico de um projeto**

Para efeito de simulação, foram zeradas as variáveis que adicionam retrabalho ao projeto (fração de retrabalho -  $F_{RT} = 0$ ). O modelo utilizado para as simulações sofreu uma pequena modificação, inserindo-se variáveis auxiliares para a sua adequação à ferramenta de simulação VENSIM (FIG. 25).

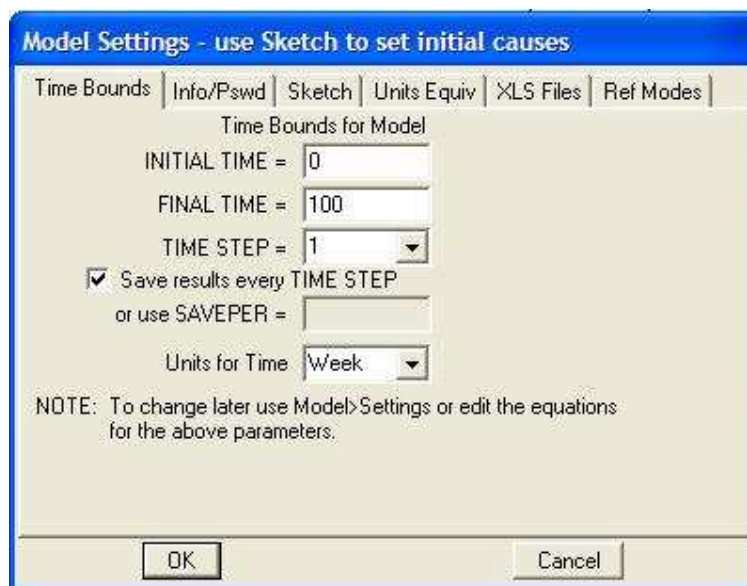


**Figura 25 – Modelo para simulação no VENSIM**

As principais adequações foram:

- Relacionamento entre “Trabalho a ser realizado” e “taxa de trabalho inicial”, para que, uma vez o estoque de trabalho a ser realizado seja zerado, não haja mais fluxo de trabalho inicial.
- Inclusão da produtividade como variável oculta e inter-relacionada com as taxas de CQ e RT.
- Inclusão da variável “time” para os cenários em que as variáveis alternem-se ao longo do tempo (variação de “força de efeito impacto” e “fração de retrabalho” para as simulações de influências exógenas e endógenas).

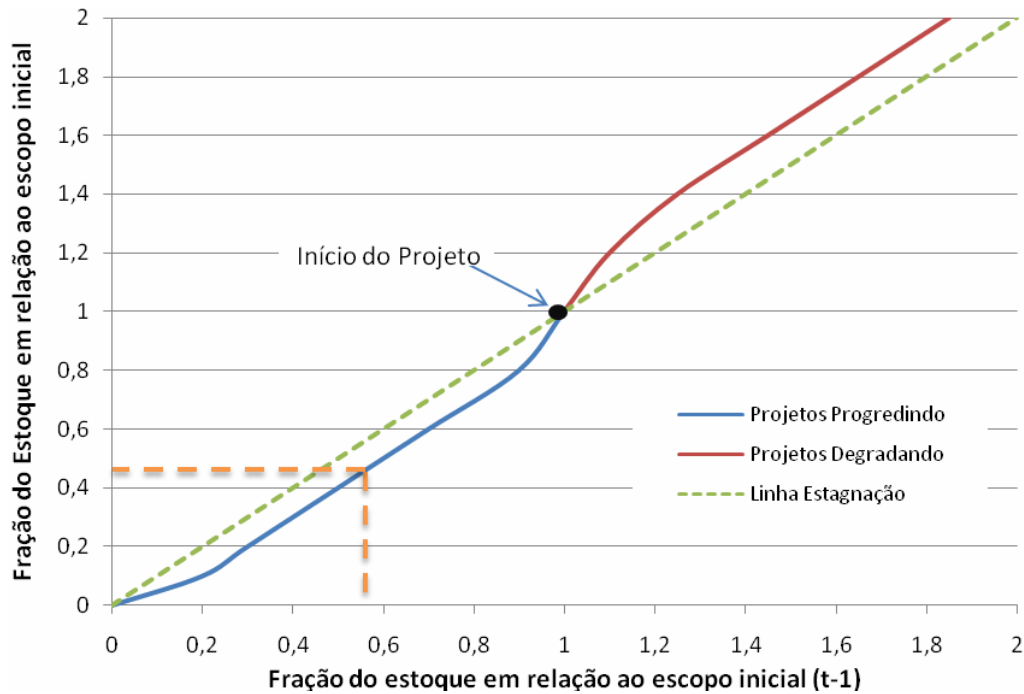
Para as simulações, a unidade de tempo é dada em semanas e as simulações seguem até a 100ª semana, conforme tela do simulador ilustrado pela Figura 26.



**Figura 26 – Tela com as configurações do modelo VENSIM**

Similar ao comportamento descrito por Repenning (2001) (Mapa do ponto de inflexão), a evolução do projeto é descrita com o estoque de projeto como uma fração do escopo inicial (estoque do projeto/volume inicial de trabalho). A Figura 27 ilustra o progresso do estoque do projeto como a fração do escopo inicial sobre o tempo, de três projetos. O eixo horizontal mostra o estoque do projeto em relação ao último passo de tempo (passado) e o eixo vertical mostra o mesmo estoque no tempo atual (presente). Como um exemplo de comportamento dos projetos apresentados no gráfico, as linhas pontilhadas mostram que em um dos projetos o estoque de projeto é 80% do escopo em um tempo anterior ( $t-1$ ) e 72% no tempo atual ( $t$ ). Todos os projetos iniciam no centro da Figura 27, com seu estoque igual ao

escopo inicial. Um projeto com bom andamento é refletido pelas condições abaixo da diagonal, quando o estoque anterior é maior que o atual, e segue diminuindo o estoque. Ao contrário, projetos que não estão se desenvolvendo são refletidos nas condições acima da diagonal (quando o estoque atual é maior que o anterior) e, teoricamente, tem-se um estoque aumentando ou surgindo mais trabalho.



**Figura 27 - Evolução de três projetos próximos ao ponto de inflexão**

Para avaliação dos 3 comportamentos de projetos em um cenário de retrabalho, foram utilizados os seguintes valores de variáveis associadas ao retrabalho (TAB. 1).

Comportamento	Fração de Retrabalho ( $F_{RT}$ )	Força de Efeitos de Impacto ( $F_{EI}$ )
Projetos em degradação	0.8	3
Projetos em desenvolvimento	0.1	0.25
Projetos Estagnados	0.5	1

**Tabela 1 – Variáveis aplicadas às simulações típicas**

O sucesso de um projeto está muito relacionado com a origem (na simulação de projetos). Pode chegar à origem, quando  $(ES_{t-1}, ES_t) = (0,0)$ , mas os projetos atuais param quando o primeiro estoque chega a zero,  $(ES_{t-1}, ES_t) = (0,x)$  and  $x > 0$ . Esta condição é

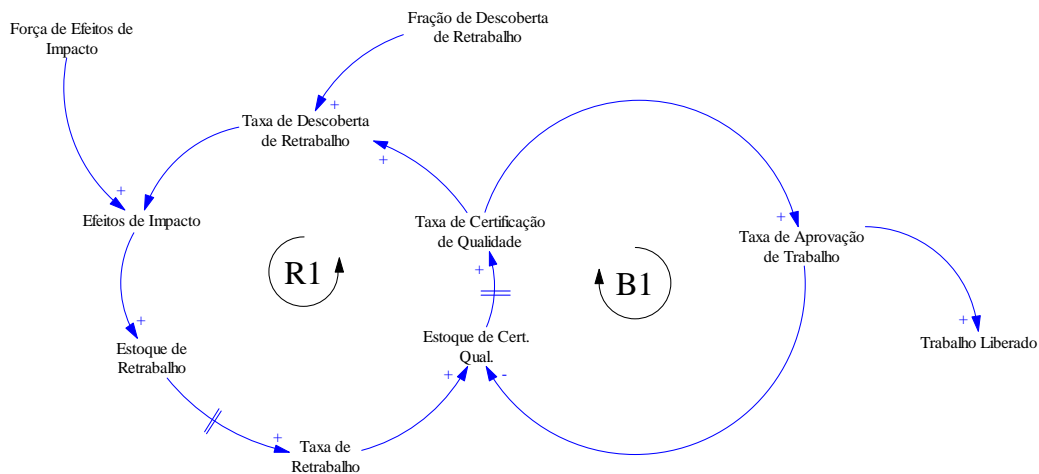
representada na Figura 27 pelo ponto no eixo horizontal bem próximo a origem, quando não há mais estoque ou o mesmo está vazio. Para efeito das simulações, como se verá a seguir, o projeto está concluído quando o estoque do projeto ( $TR + CQ + RT$ ) fica próximo de zero ( $1E-4$ ).

Projetos tendo seu estoque aumentando (projeto em degradação) são ilustrados no canto superior direito do gráfico. Um projeto que permanece em qualquer ponto ao longo da linha diagonal possui o estoque constante e é considerado como estagnado.

Com base nas discussões prévias, o projeto com um contínuo aumento do estoque de projeto é considerado como falho. Esses projetos podem eventualmente terminar por um excesso de custos associados ou prazo. No limite para fins de simulação, o fim do projeto é arbitrado quando o trabalho a ser realizado (estoque do projeto) é duas vezes maior do que o escopo inicial. Todas as simulações que chegaram nesse limite tiveram um aumento contínuo no estoque, indicando a falha. De qualquer forma, talvez esse limite possa ser ajustado para alguns projetos.

#### 4.4. Estrutura dos pontos de inflexão

As estruturas de realimentação do modelo são simples o bastante para serem analisadas subjetivamente. A Figura 4.11 mostra os loops de reforço e balanceamento que orientam a dinâmica de projetos:



#### Legenda dos enlaces:

B1: Enlace de trabalho aprovado e liberado

R1: Efeito de impacto

#### Figura 4.11 – Enlaces causais da dinâmica de projeto

O enlace de trabalho aprovado e liberado (B1) é um loop balanceado que retira trabalho do ciclo de retrabalho. Direciona o projeto para sua conclusão com o CQ (e outros), estoque que representam a parte remanescente do projeto indo para zero. Ignorando eventos de impacto e mudança no projeto, o loop B1 leva o projeto tão rapidamente quanto forem os processos e os recursos envolvidos.

O loop de “eventos de impacto” é um ciclo de reforço que adiciona trabalho ao projeto. A quantidade do “efeito de impacto” é proporcional à força ou ao peso dos efeitos de impacto, que é a taxa da quantidade de trabalho que cada unidade de trabalho descoberta para o requerido retrabalho associada ao efeito de impacto adiciona ao estoque de RT por cada unidade de trabalho descoberta para o requerido retrabalho. Com o estoque de retrabalho aumentando, os recursos realocados para o retrabalho (com atraso na realocação) e a taxa de retrabalho aumentam. Ignorando o loop B1, o enlace R1 aumenta infinitamente o retrabalho e o trabalho associado ao projeto, levando a degradação do desempenho do projeto.

Em muitos projetos os enlaces B1 e R1 estão ativos. Para os projetos progredirem, como mostrado na Figura 4.11, o enlace de liberação de trabalho B1 é dominante e mais trabalho é aprovado e removido do ciclo de retrabalho do que adicionado pelo “efeito de impacto” através do enlace R1. O contrário ocorre para projetos que degradam (R1 são dominantes). As relações descritas pelos dois enlaces na Figura 4.11 podem ser entendidas usando o ponto de inflexão.

##### 4.4.1. Condições do ponto de inflexão

A condição para o “ponto de inflexão” indica o momento em que o projeto pára de mostrar progresso e começa a ser degradado, ou vice-versa. Usando as equações do modelo dinâmico de projetos, é possível descrever as condições para o projeto progredir, ou não. No ponto de inflexão, a taxa de trabalho aprovado e liberado ( $R_A$ ), é igual à taxa de “efeito de impacto” ( $R_{EI}$ ). A taxa na qual o trabalho aprovado e liberado é o complemento de taxa de CQ ( $R_{CQ}$ ), que é descoberta para o requerido retrabalho ( $D_{RT}$ ). Isso posto, tem-se:

$$R_{EI} = R_A = R_{CQ} - D_{RT}$$

Em que :

$R_{EI}$  “efeito de impacto” {pacote de trabalho/semana};

$R_A$  taxa de aprovação e liberação de trabalho {pacote de trabalho/semana};



$R_{CQ}$  taxa de certificação de qualidade {pacote de trabalho/semana}; e

$D_{RT}$  taxa de descoberta de retrabalho {pacote de trabalho/semana}.

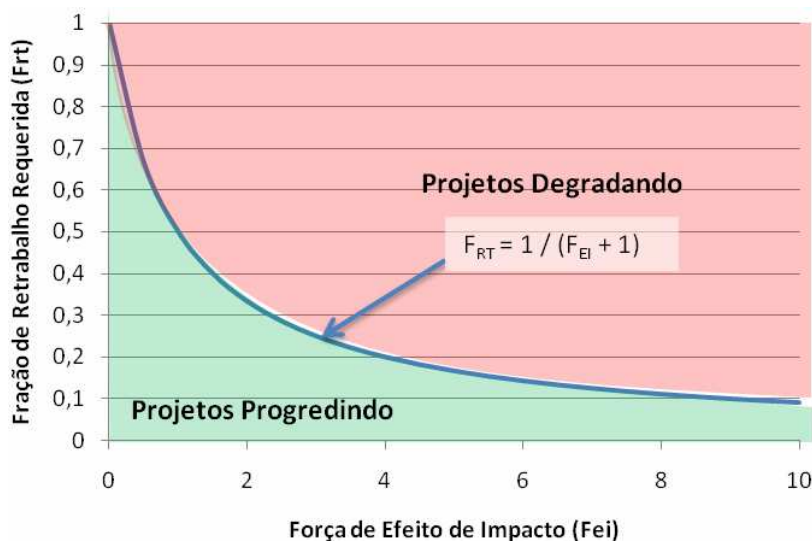
A partir dos modelos de equação apresentados, o “efeito de impacto”, EI ( $R_{EI}$ ), é o produto da taxa de descoberta de retrabalho ( $D_{RT}$ ) pela força do efeito inesperado ( $F_{EI}$ ) e a taxa na qual o retrabalho é descoberto ( $D_{RT}$ ) é o produto da taxa de CQ ( $R_{CQ}$ ) pela fração de retrabalho ( $F_{RT}$ ). A equação se torna:

$$(F_{EI})(R_{CQ})(F_{RT}) = R_{CQ} - (R_{CQ})(F_{RT})$$

Simplificando a expressão, a condição de limiar para o ponto de inflexão é:

$$F_{RT} (F_{EI} + 1) = 1$$

Quando a porção esquerda da equação é maior que 1 o projeto degrada; quando é menor que 1, o projeto progride; e quando igual a 1, o projeto está parado. O ponto de inflexão é mostrado graficamente na Figura 29.



**Figura 29 – Condição básica para o ponto de inflexão**

A Figura 29 pode ser usada intuitivamente para explicar o comportamento de projetos próximos ao ponto de inflexão. Quando o estoque total do projeto à esquerda da curva diminui, o projeto progride. Quando o estoque total do projeto à direita da curva aumenta, o projeto se degrada. A curva representa as condições do ponto de inflexão ou, ainda quando os enlaces B1 e R1 se compensam (a taxa de retrabalho é idêntica a taxa de liberação/aprovação

de trabalho). Ignorando as forças que mantêm o projeto estagnado, pequenas digressões para um lado ou para o outro da curva fazem avançar ou degradar o projeto. Se algum enlace dominar, ou o estoque total irá crescer (domínio de R1) para a degradação do projeto ou diminuir (domínio de B1), levando o projeto à conclusão. Por esta razão, o ponto de inflexão é uma condição de equilíbrio instável.

A forma da Figura 29 revela as condições do projeto que geraram a dinâmica do ponto de inflexão. A inclinação negativa da curva de ponto de inflexão indica que projetos que possuem força de efeitos de impacto ( $F_{EI}$ ) baixa podem tolerar maior fração de retrabalho ( $F_{RT}$ ), antes de se degradarem, e projetos com baixa taxa de retrabalho podem tolerar maior força de efeito de impacto. Entretanto, a relação entre o ponto de inflexão, a força de efeitos de impacto e a fração de retrabalho é não-linear. Um pequeno aumento em uma pequena força de efeito impacto reduzirá drasticamente a tolerância à fração de retrabalho. Mas com a força de efeito de impacto, aumentando a tolerância à fração de retrabalho diminui muito vagarosamente, até chegar a zero.

A Figura 29 pode ajudar a esclarecer como projetos podem ser subjugados pelo retrabalho e eventos de impacto. Mudanças na legislação, escolha inadequada de uma tecnologia e dinâmicas voláteis de mercado podem levar um projeto ao insucesso.

#### ***4.5. Gerenciamento de projetos próximos ao ponto de inflexão***

As estratégias de gestão próximas ao ponto de inflexão incluem:

- Evitar os pontos de inflexão.
- Promover o gerenciamento de recursos.
- Realizar a gestão do estoque de trabalho.
- Realizar a gestão do cronograma.

##### **4.5.1. Evitar pontos de inflexão**

A estratégia de evitar as condições do ponto de inflexão acarreta a seleção ou o planejamento de projetos com uma fração baixa de retrabalho e efeitos inesperados. A seleção de projetos pode incluir um formulário de complexidade de projetos e interdependências, e seu impacto na probabilidade de sucesso. Alguns projetos ou porções de projetos podem ter características que permitam esta estratégia. Por exemplo, projetos de construção civil freqüentemente usam tecnologias simples e processos que reduzem a fração

de retrabalho e o planejamento de projetos que propositalmente mantêm essas operações separadas dos efeitos de impacto.

Mesmo projetos com alta fração de retrabalho e efeitos de impacto podem ter o seu desenvolvimento fragmentado e aplicar a mesma estratégia, como no caso de projetos modulares, como subsistemas (ou subprojetos), que podem ser ajustados independentemente com mínimo impacto no projeto como um todo. No caso de planejamento de projetos com dependências avulsas e separadas, se uma mudança ocorre, pode ser corrigida com o mínimo impacto em outros sistemas. Um planejamento modular permite que projetos complexos (com alta fração de retrabalho) progridam devido à redução dos efeitos de impacto na fase de planejamento do projeto.

#### **4.5.2. Promover o gerenciamento de recursos**

A gestão de recursos inclui a alteração na quantidade de recursos, em sua produtividade, na alteração de prioridade diante das diversas demandas de um recurso, na antecipação de futuras demandas por novos recursos e no ajuste dos recursos para a necessidade das aplicações correntes. Uma medida razoável a um projeto que está próximo ao ponto de inflexão consiste em adicionar mais recursos ao projeto. Se a adição de recursos não reduzir a fração de retrabalho adequadamente por meio do aumento da expertise (por exemplo, reduzindo a pressão por entrega) ou outros fatores, a dinâmica do ponto de inflexão permanece inalterada, mantendo o projeto degradando.

Igualmente, se recursos inexperientes são adicionados ao projeto, particularmente nos complexos, a quantidade de retrabalho descoberto pode aumentar. Nesses casos, adicionando recursos ao projeto que já estão degradando pode aumentar a taxa de degradação e inviabilizar o projeto. Mais recursos cometendo mais erros e falhas podem direcionar o projeto além da linha de inflexão mais rápido do que com uma quantidade menor de recursos. Portanto, os gestores devem tomar cuidado ao adicionar recursos em um projeto próximo ao ponto de inflexão.

Freqüentemente, uma estratégia de definição de recursos preestabelecidos é inviável, devido ao fato de a quantidade de recursos para o desenvolvimento de projetos estar limitada ou ser fixa. Uma segunda estratégia na alocação de recursos é maximizar os fluxos de trabalho ao longo do projeto. Para certas reservas/estoques (especificação crítica, teste de uma tecnologia, etc.), pode-se dar prioridade, com base no entendimento do gestor, aos aspectos críticos do sistema. Criando uma resistência ao incêndio (resistência ao ponto de

inflexão) requer sistemas com um desenvolvimento dinâmico de planejamento de recursos (REPENNING, 2001). Sugere-se que este método de planejamento usado no momento presente pode garantir uma estimativa à alocação de recursos no futuro. No modelo básico de gestão, assume-se que alocar a mesma fração de recursos a cada atividade, como atividade sobre o estoque de trabalho, contribui para a redução do estoque do projeto.

Uma simples e razoável extensão dessa política consiste em assumir que os gestores baseiam sua alocação numa previsão futura de necessidade dos recursos. Isso é consistente com a sugestão do Cooper (1993) de que “desenvolver um sistema de informação, com a previsão de recursos comprometidos de um projeto conhecido, assim como a disponibilidade, é uma função do tempo não é uma tarefa fácil, mas é essencial”.

### 4.5.3. Impacto do gerenciamento de recursos em projetos que estão degradando

Projetos com potencial de sucesso presos além da linha de inflexão falharam com uma gama de ajustes de recursos e políticas de previsão de demandas. Não apresentaram perspectiva alguma para previsões com horizonte de longo prazo (TAYLOR, 2003). Como mostrado na Figura 30, a previsão do uso de recursos pode salvar o projeto.

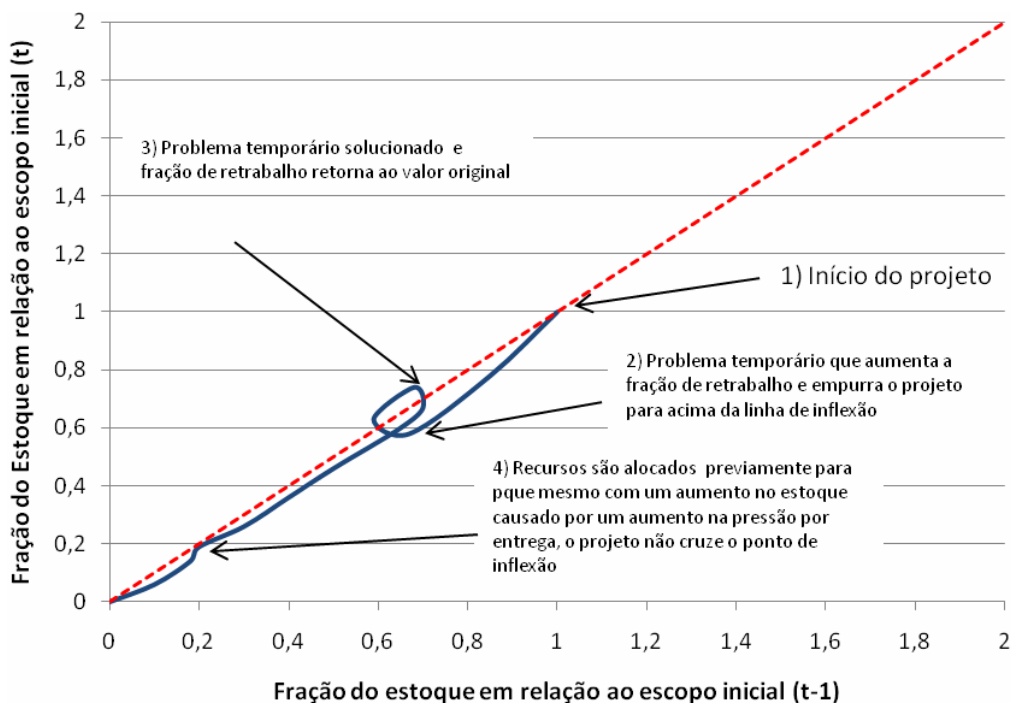


Figura 30 - Uso de recursos para salvar o projeto

Como os estoques de  $R_T$  (retrabalho) e  $C_Q$  (certificação de qualidade) começando a aumentar, recursos foram comutados prévia e rapidamente, a tempo de prevenir um aumento no estoque (por meio da pressão pela entrega), que poderia empurrar o projeto por meio do ponto de inflexão. Uma política do tipo, de quatro semanas de histórico dos estoques para desenvolver uma tendência de quatro semanas no futuro, pode salvar o projeto se ajustado com agilidades suficientes ( $< 4$  semanas).

#### 4.5.4. Tempos de ajuste de recursos

Os tempos requeridos para migrar recursos por meio de atividades de desenvolvimento também impactam o desempenho do projeto (TAYLOR, 2003). A redução do tempo para ajustes de recursos, enquanto ainda é utilizada a política de alocação de recursos proporcionalmente à demanda de atividades, pode salvar o projeto (TAYLOR, 2003). A Figura 31 mostra um projeto com problemas com um tempo de ajuste reduzido de 4 para 3 semanas. O ajuste de recursos mais rápido para níveis mais elevados possibilita a redução do efeito da pressão pela entrega, após a remoção do problema temporário e salva o projeto de uma degradação contínua.

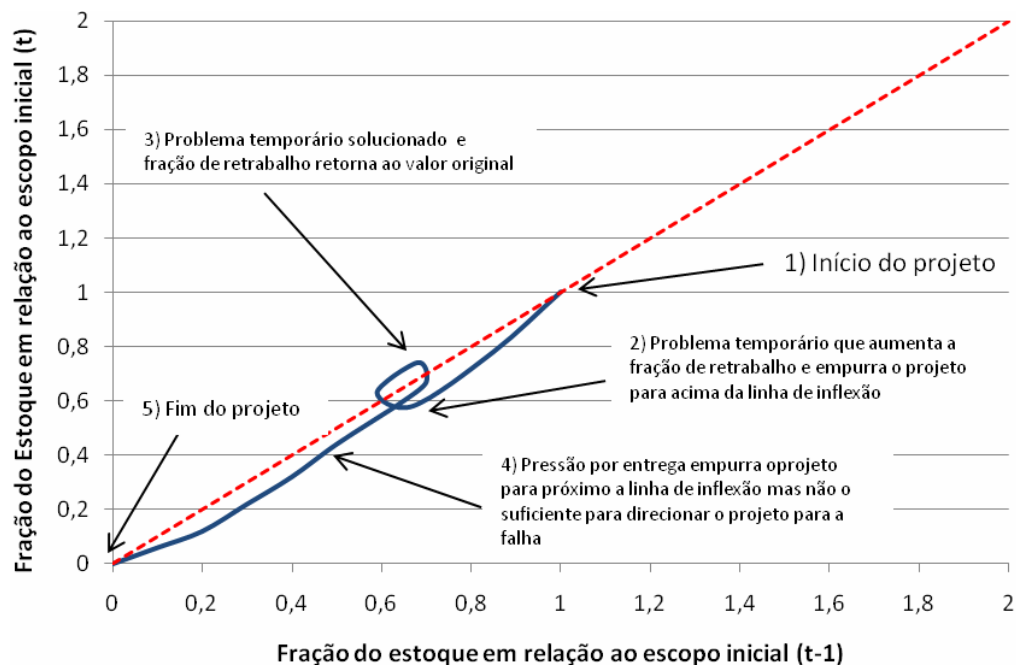


Figura 31 – Tempo de ajuste de recursos para salvar projetos

A previsão de uso de recursos e a redução dos tempos para ajustes provêm ao gerente níveis que podem ser usados para salvar projetos que estão “nafragando”. A estimativa de recursos possibilita ao gerente uma visibilidade direta do trabalho futuro a ser realizado no projeto.

#### **4.5.5. Realizar o gerenciamento de estoque**

O gerenciamento de estoque de trabalho em um projeto envolve o cancelamento de trabalho ou a liberação de trabalhos “com defeito” ou mal realizados. O cancelamento de trabalhos e a redução, durante o projeto, de funcionalidades ou do escopo de um projeto podem garantir o seu andamento. Modelos dinâmicos mostram que se uma quantidade de trabalho suficiente é cancelada, este cancelamento de trabalho “defeituoso” pode prevenir o projeto de ser esmagado pelo retrabalho (TAYLOR, 2003). Como esperado, projetos próximos ao ponto de inflexão requerem um cancelamento de trabalho maior do que os projetos distantes da linha.

#### **4.5.6. Realizar o gerenciamento de cronograma**

Um fator importante relacionado com o controle da pressão pela entrega é: metas de cronograma de um projeto. Estudos comprovam que a definição de metas realistas de prazo reduz a quantidade de retrabalho em um projeto (COOPER, 1997).

Portanto, uma parte importante do gerenciamento de cronograma consiste em monitorar os marcos/metras de prazos (deadlines) e garantir que os mesmos sejam realistas. Um modo de garantir um prazo realista para a conclusão do projeto é programar um prazo flexível. Um marco flexível depende da quantidade de trabalho restante para completar o projeto. Um marco rígido não contabiliza as mudanças ou atrasos em projetos causados pelo retrabalho ou efeitos inesperados. Prazos flexíveis consideram, por meio do ajuste do prazo final, a expectativa de data baseada no tempo requerido para completar o estoque total do projeto. A Figura 32 mostra como uma flexibilização nos prazos previne o aumento de estoque devido ao surgimento de um problema temporário a partir de um aumento na pressão pela entrega, prevenindo situações em que a pressão pela entrega leva o projeto a um ponto em que a fração de retrabalho é tão alta que empurra o projeto para além do ponto de inflexão. (TAYLOR, 2003) Isso sugere que os gerentes de projeto podem utilizar a flexibilização de prazos para recuperar projetos que cruzaram o ponto de inflexão.

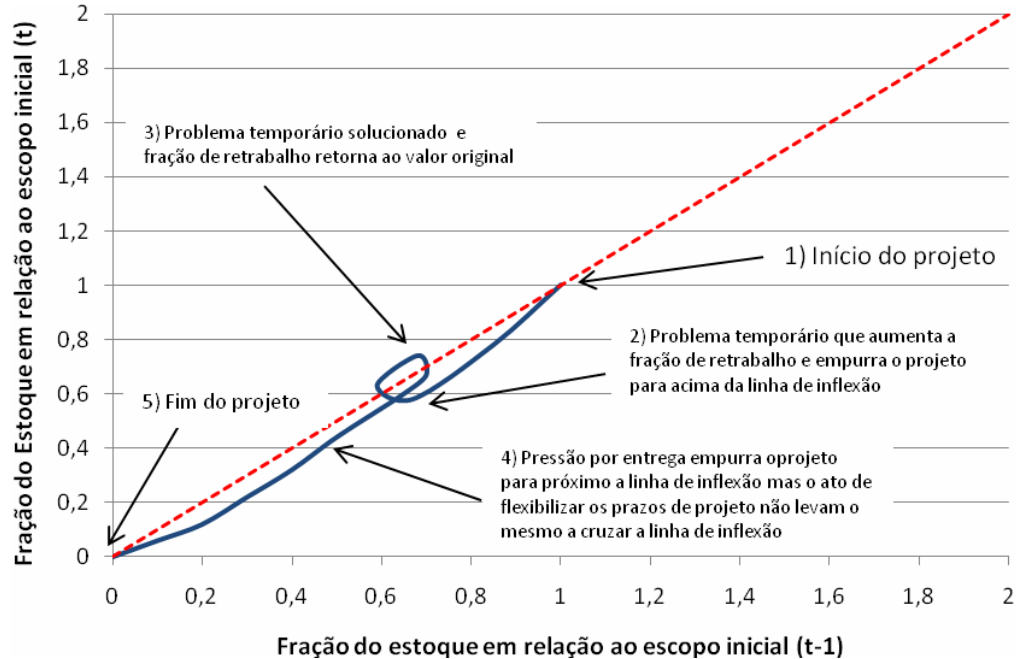


Figura 32 – Flexibilização de projetos cruzando o ponto de inflexão

#### 4.6. Melhorias na gestão de projetos

A metodologia de gestão em projetos da empresa em estudo está descrita no Apêndice B. Analisam-se a seguir as melhorias podem que ser sugeridas na metodologia como forma de incorporar a dinâmica de sistemas na gestão assim como as suas vantagens.

##### 4.6.1. Adequação de variável e seu monitoramento

Nos modelos baseados em SD utilizados nesta análise a principal variável que é incorporada ao modelo como forma de simular e analisar o comportamento de projetos é *pacotes de trabalho* ou, para diferenciar da nomenclatura utilizada na elaboração do EAP, apenas *unidade de trabalho*.

A metodologia de gerenciamento de projetos precisa prever o monitoramento e a verificação das unidades de trabalho de um projeto para que as ações de gestão sejam implementadas.

A metodologia da empresa em estudo utiliza: “Relatório de Acompanhamento de Projetos”, ou RAP, que consiste em elementos subjetivos percebidos pelo gestor do projeto ao longo do desenvolvimento do projeto por um período de tempo (usualmente por mês), riscos e problemas mapeados (bem como ações e responsáveis por cada risco); e um

comparativo entre o cronograma atual do projeto e a linha de base (cronograma inicial). Ambos comporão o indicador de prazo IDP. O Apêndice D ilustra o modelo de RAP utilizado pela empresa.

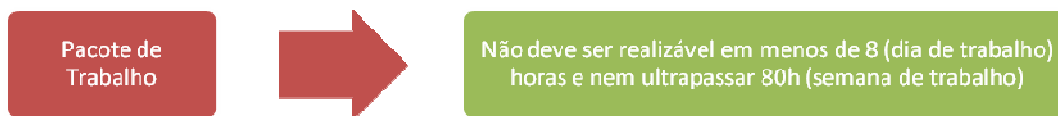
Assim, os problemas que necessitam ser solucionados para incorporar a variável de unidade de trabalho são:

- 1º) Definir o que representa uma unidade de trabalho no ambiente da metodologia.
- 2º) Adequar o RAP para que haja um registro periódico dessa variável.
- 3º) Incorporar um indicador que reflita a dinâmica de ponto de inflexão.

#### 4.6.2. Unidade de trabalho e EAP

A regra geral que se utiliza na construção de um pacote de trabalho consiste em focar a elaboração da EAP na decomposição do trabalho do projeto em partes manejáveis. A decomposição e organização do escopo e a distribuição do projeto em partes menores, possibilitam um maior gerenciamento das entregas bem com estimativas de custo, prazo e recursos necessários. A diretriz do “8 ou 80” é aplicada para definir pacotes de trabalho em uma EAP, garantindo tenham um significado para o projeto e possam ser gerenciável (duração, custo e recursos).

Tem-se:

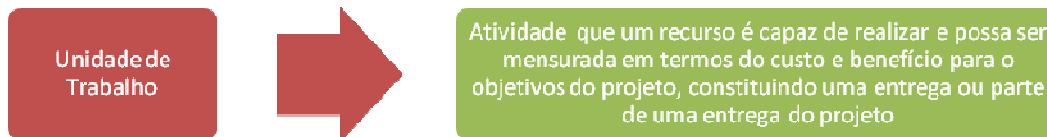


O pacote de trabalho pode variar de gerente para gerente. Entretanto, essa forma garante uma uniformidade dos pacotes de trabalhos, evoluindo para o cronograma do projeto com a lista de atividades.

Uma vez definido o pacote de trabalho, este deve ser decomposto em unidades de trabalhos, que serão a variável a ser incorporada à metodologia. As unidades de trabalho que comporão o cronograma do projeto devem ser definidas, seqüenciadas e estimativas em termos de custo, de prazo e de recursos.

Dado que o pacote de trabalho deve ser gerenciável (duração, custo e recurso), pode-se definir a unidade de trabalho como sendo:





Essa definição visa apenas garantir uma homogeneidade na elaboração do cronograma e, conseqüentemente, do estoque inicial do projeto, que deve ser monitorado. Possui um caráter relativo dado que os aspectos mais importantes estão relacionados com a evolução do estoque de trabalho ao longo do tempo e a sua dinâmica no projeto. Essa definição foi utilizada para nortear as simulações usando sistemas dinâmicos.

#### 4.6.3. Registro das unidades de trabalho

O Relatório de Acompanhamento de Projetos deve conter o registro dos estoques de trabalho importantes na dinâmica de projetos, como:

**Estoque inicial de trabalho** – representa o projeto em seu início, refletindo a quantidade de atividades necessárias para concluir o projeto em  $t=0$  (linha de base)

- **Estoque de verificação de qualidade** – representa as atividades que não foram liberadas ainda e que estão sendo submetida a alguma avaliação de qualidade. Essas atividades podem ser: validação da especificação pela área solicitante, teste de um código para alteração sistêmica, avaliação de uma minuta contratual, etc. Existirão ao longo do projeto atividades que não terão processos formais de certificação de qualidade e aquelas que o gestor deve avaliar se devem ser liberadas (estoque de atividades liberadas) ou ficar aguardando uma evolução do projeto para que as áreas que dependam dessa atividade possam dar prosseguimento à mesma.
- **Estoque de retrabalho** – o conceito de retrabalho apresentados nos capítulos anteriores é de suma importância para a avaliação da dinâmica do projeto, pois reflete os aspectos associados ao trabalho percebido e ao trabalho realmente entregue. O gerente de projeto deve avaliar se a entrega de um trabalho não gerou novas atividades que não estavam previstas anteriormente.

Quando da geração do relatório, o gerente deve responder às seguintes perguntas como forma de nortear a identificação das atividades nos estoques:

- Existem algumas entregas do projeto que foram realizadas e que podem promover ações de correção ou alteração (modificações de escopo, no prazo, custo, etc.)?
- Ocorreu algum evento externo ao projeto que promoveu nele alterações?

- As áreas impactadas estão cientes das entregas que foram realizadas até o presente momento?

Portanto, o RAP periódico deve conter o registro desses estoques para possibilitar uma visibilidade da dinâmica das atividades do projeto e sua evolução.

#### **4.6.4. Mapa dinâmico do projeto**

O mapa dinâmico do projeto consiste na análise do ponto de inflexão aplicada à metodologia de gerenciamento da empresa em estudo. Deve funcionar como um indicador do desenvolvimento do projeto. Os registros dos estoques armazenados periodicamente, por intermédio dos RAPs, deverão ser plotados em relação à quantidade de trabalho definida no início do projeto..

As análises em torno do mapa são semelhantes às utilizadas acima, podendo contemplar:

- A curva de evolução do projeto está se aproximando da origem com a velocidade (trabalho/tempo) desejada dado uma data limite (deadline)?
- O projeto está próximo da linha de inflexão ou se aproximando?
- Os projetos que cruzaram a linha de inflexão estão sendo tratados para evitar a degradação (aumento do estoque de projetos) ainda maior?
- O projeto não se afastou demasiadamente da linha de inflexão, inviabilizando o projeto?

#### **4.5.5. Elementos de gerenciamento do projeto (resumo)**

Como discutido nos tópicos anteriores, podem-se sumarizar alguns pontos fundamentais na gestão de projetos que devem ser incorporados na metodologia para o bom gerenciamento dos aspectos dinâmicos. São eles:

- Tabela para seleção e classificação de acordo com fração de retrabalho e força de efeitos de impacto (complexidade do projeto)
- Análise do ponto de inflexão no MDP, antes da alocação de recursos
- Direcionamento de mais recursos em atividades que geram estoque maior de trabalho
- Planejamento de uso dos recursos para redução de estoques
- Cancelamento de trabalhos ou aprovação abaixo da linha de qualidade
- Prevenção do efeito da pressão para entrega, monitorando os prazos e gerindo os recursos

## 5. RESULTADOS OBSERVADOS E ESTUDO DE CASO

O objetivo central desse capítulo é identificar os efeitos internos e externos ao modelo dinâmico proposto para a análise de pontos de inflexão. Uma vez mapeados esses efeitos, utilizando VENSIM e os modelos apresentados no capítulo anterior, verificam-se os elementos na gestão de projetos que incorporem a dinâmica dos efeitos endógenos e exógenos.

A trajetória de projetos que monotonicamente progridem ou degradam não descreve um trajetória reversa. Se os recursos de um projeto e a produtividade são limitados e fixos (cenário típico em que os recursos são finitos), a estrutura básica dos pontos de inflexão descrita no capítulo 4, não comporta a simulação de projetos com uma trajetória reversa. Isso ocorre porque a estrutura simplifica o mecanismo de transição dos enlaces dominantes de B1 para R1 (Figura 33) e porque só mediante o aparecimento de outros fatores é que promovem a dinâmica de reversão (como técnicas de gerenciamento de projetos). Influências externas, dinâmica das estruturas endógenas, ou ambas são necessárias para impulsionar os projetos para além dos pontos de inflexão e para reverter à trajetória.

### 5.1. *Influências exógenas na dinâmica de pontos de inflexão*

Fatores exógenos podem influenciar a fração de retrabalho ou a força dos “efeitos de impacto”, como mudanças no escopo de um projeto durante o seu desenvolvimento ou mudanças em seus requisitos. Analisando a equação a seguir, vê-se que o projeto inicia bem distante de um ponto de inflexão (isto é,  $F_{RT}(F_{EI}+1) \ll 1$ ), que há aumento na fração de retrabalho e que a força de efeitos inesperados é tão pequena que o projeto não cruza o ponto de inflexão e se comporta, essencialmente, como um projeto em constante progresso.

$$F_{RT} (F_{EI} + 1) = 1 \quad (21)$$

Entretanto, quando a magnitude das mudanças é grande o suficiente para fazer o projeto passar a linha de inflexão, fazendo com que um projeto que estava progredindo reverta sua trajetória, o mesmo passa a se degradar. Contudo, como será demonstrado a seguir, levar um projeto além do ponto de inflexão não é sempre o suficiente para causar a falha do projeto.

A Figura 33 e a Figura 34 ilustram o comportamento de um projeto que inicia com  $F_{RT}=0,2$  e  $F_{EI}=1$ . Aplicando a equação  $(F_{RT} (F_{EI}+1) = 0.2 (1+1) = 0.4 < 1)$ , essas variáveis

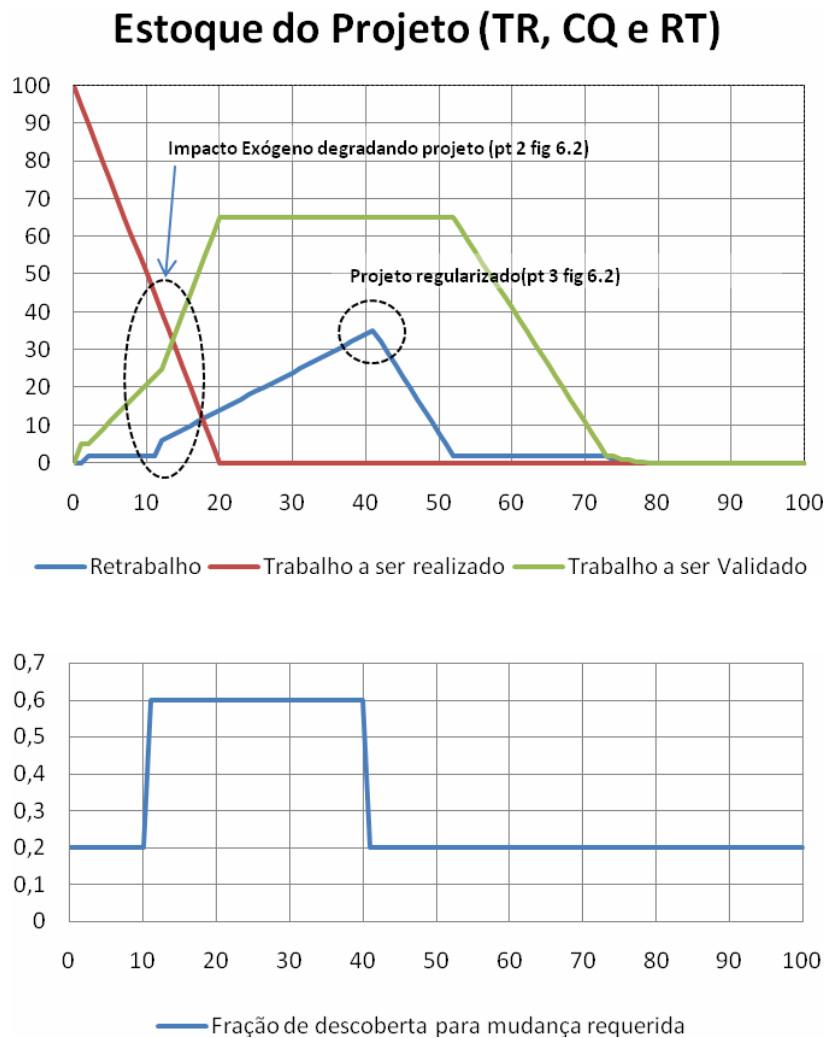
colocam o projeto no lado “bom” da curva de ponto de inflexão (ponto 1 na Figura ). O progresso do projeto segue para a conclusão, até a semana 10, em que a fração de retrabalho, devido a influências exógenas, sobe até  $F_{RT}=0,6$  para refletir o novo, mas temporário, problema que o time de desenvolvimento deve endereçar.

Para realizar essa simulação, a variável  $F_{RT}$  no VENSIM foi configurada da seguinte maneira:

```
Fração de descoberta para mudança requerida=
    IF THEN ELSE(Time>10:AND:Time<=40, 0.6, 0.2)
```

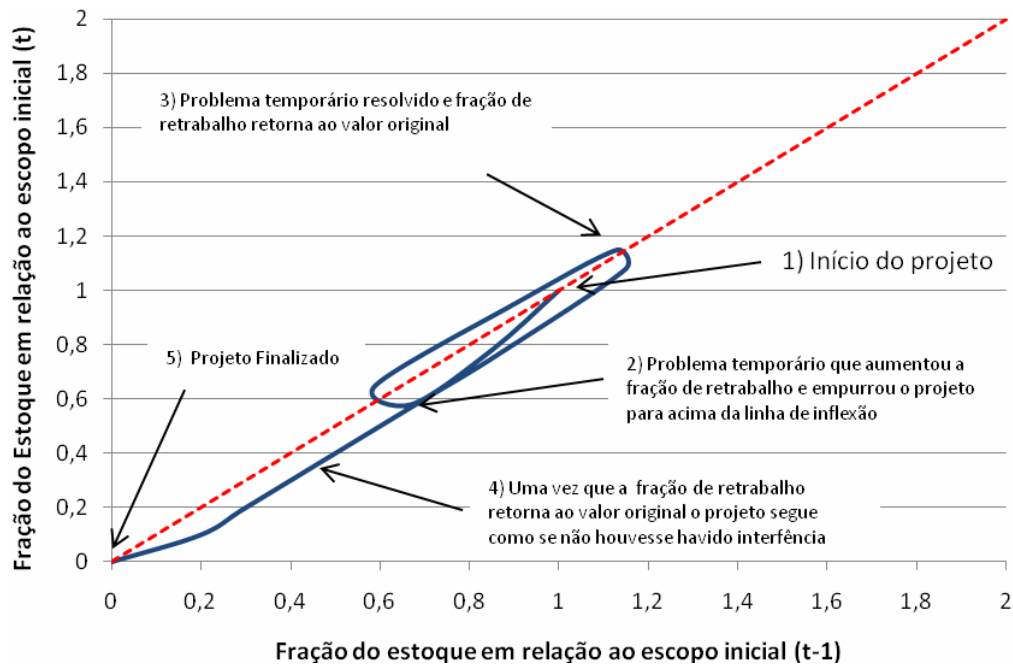
Units: Dimensionless

As variações de cada estoque (TR,CQ e RT) são ilustradas.



**Figura 33 – Variação do estoque diante de influência exógena**

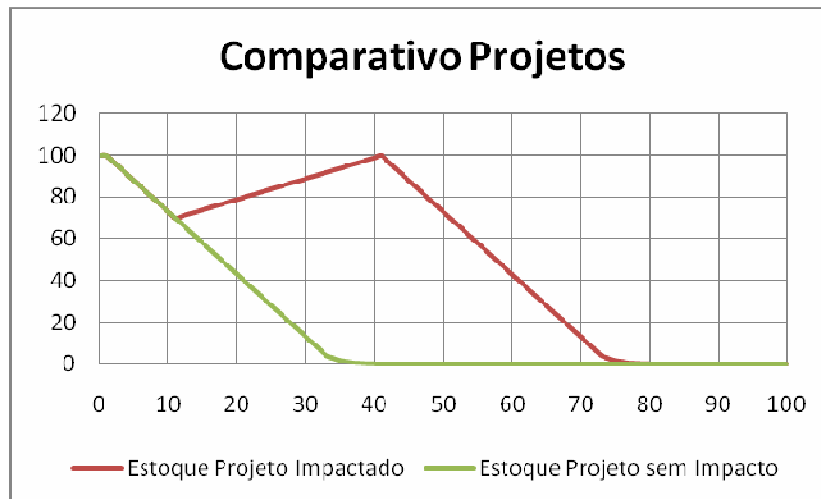
O projeto operando abaixo da linha de inflexão, inicia-se a redução do estoque de trabalho (pt. 4 Figura ), progredindo até a conclusão (pt. 5). Isso demonstra como projetos que estão progredindo, se atingidos por um grande, mas temporário, fator exógeno capaz de ampliar a fração de retrabalho ou a força dos efeitos de impacto (REI), ou ambos, podem ir além do ponto de inflexão e começar a degradar. Mas, exceto em estruturas que previnam uma integral e imediata recuperação desses fatores, quando as mudanças são removidas, o projeto retorna ao ponto de inflexão e volta a progredir novamente.



**Figura 34 – Projeto sobre influência externa, cruzando o ponto de inflexão.**

O impacto resultante de um fator exógeno ou outra estrutura dinâmica pode fazer com que projetos que estavam progredindo revertam sua trajetória e falhem. Ao contrário do comportamento mostrado no exemplo da Figura , mudanças permanentes na fração de retrabalho, na força de efeitos de impacto, ou em ambos, podem manter o projeto em condições além da linha de inflexão (isso significa  $F_{RT}(F_{EI}+1) > 1$ ), causando a falha do projeto.

O efeito colateral do problema temporário no exemplo mostrado é que o projeto terá uma duração mais longa do que se a fração de retrabalho não houvesse aumentado. Pode-se observar no gráfico comparativo (FIG 35) entre o estoque de trabalho dos dois cenários e a diferença nos tempos para conclusão do projeto:



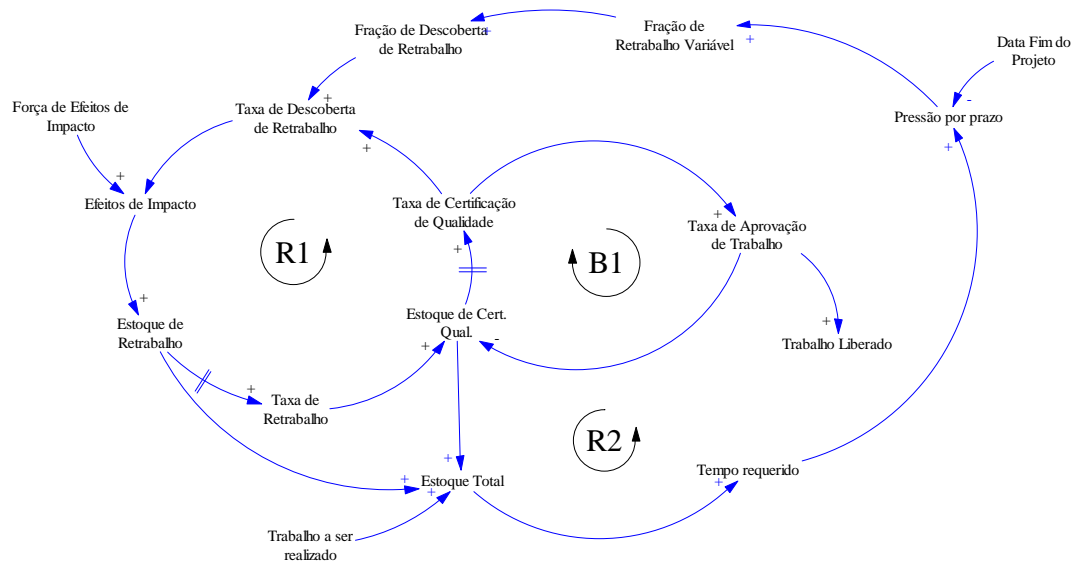
**Figura 35 – Comparativo dos tempos para conclusão dos projetos**

O tempo gasto no projeto além do ponto de inflexão aumenta o total de trabalho necessário para a conclusão do projeto. Se a quantidade de recursos e a produtividade são limitadas, isso pode fazer com que o projeto seja concluído com atraso, o que não ocorreria se não houvesse a reversão da trajetória. Mas, com tempo suficiente, o projeto irá finalizar (total de trabalho no estoque igual a 0). Essa pode ser uma explicação parcial dos projetos que têm dificuldade em terminar e tem baixo desempenho de prazo, como alguns projetos em telecomunicações, perdendo o “time-to-market”. Em outros casos e mercados esses projetos poderiam concluir com tempo suficiente.

## 5.2. *Influências endógenas levando projeto a falhar*

Alguns projetos reverterem suas trajetórias de progresso para degradação e falha, com contínuo aumento do estoque, devido a problemas temporários. Isso sugere que a influência do problema após a sua resolução pode causar a falha do projeto. Pressão por prazo é um efeito comum causado por problemas temporários de desenvolvimento que podem ter importantes impactos no desempenho do projeto. É o que será considerado na análise do efeito endógeno.

O modelo aqui utilizado, de pressão por entrega (Figura 36), é similar à estrutura desenvolvida por Ford (1995), na qual a taxa de pressão por entrega aumenta com o tempo requerido para concluir o trabalho remanescente e diminui com o tempo disponível para completar o trabalho. O tempo requerido ( $T_R$ ) é modelado com base no estoque do projeto e na produtividade média para liberar o trabalho. O tempo disponível ( $T_D$ ) é a diferença entre o tempo final para entrega do projeto e o tempo atual.



**Legenda dos enlaces:**

- B1: Enlace de trabalho aprovado e liberado
- R1: Efeito de impacto
- R2: Enlace de pressão por entrega

**Figura 36 - Mapa de reforço entre pressão por entrega e retrabalho**

Para explicitar o modelo de impacto com efeitos endógenos no projeto (pressão por entrega, por exemplo) e na dinâmica de ponto de inflexão, a fração de retrabalho será desagregada em dois componentes (TAYLOR, 2003): mínima fração de retrabalho ( $mF_{RT}$ ); e a fração de retrabalho variável ( $vF_{RT}$ ).

A fração mínima de retrabalho é a fração de mudança requerida que reflete a complexidade do projeto (constante relativo à complexidade do projeto e à fração exigida para a conclusão dos trabalhos sem os efeitos endógenos). A fração variável de retrabalho é a fração adicional de trabalho requerida para a mudança devido à pressão pela entrega ou a outros fatores. O aumento na fração de retrabalho variável reflete a quantidade de erros dos desenvolvedores devido à proximidade com a data fim do projeto. A fração variável de retrabalho é modelada como o produto de uma fração de referência (assume-se valor 1) e o impacto da pressão por entrega. O efeito endógeno da pressão por entrega é modelado como a taxa de pressão para entrega (que varia de valor de pressão nenhuma de 1 a 0) e a sensibilidade da fração de retrabalho à pressão pela entrega ( $S_{RT-S}$ ). A sensibilidade está relacionada ao grau de inovação requerido no projeto de desenvolvimento.

Com isso:

$$F_{RT} = mF_{RT} + vF_{RT} = mF_{RT} + [((T_R / T_D) - 1) (S_{RT-S}) (vF_{RT}')] ]$$

Em que:

$mF_{RT}$  – fração mínima de retrabalho {percentual};

$vF_{RT}$  – fração variável de retrabalho {percentual};

$T_R$  – tempo requerido para completar o estoque {semanas};

$T_D$  – tempo disponível para completar o estoque {semanas};

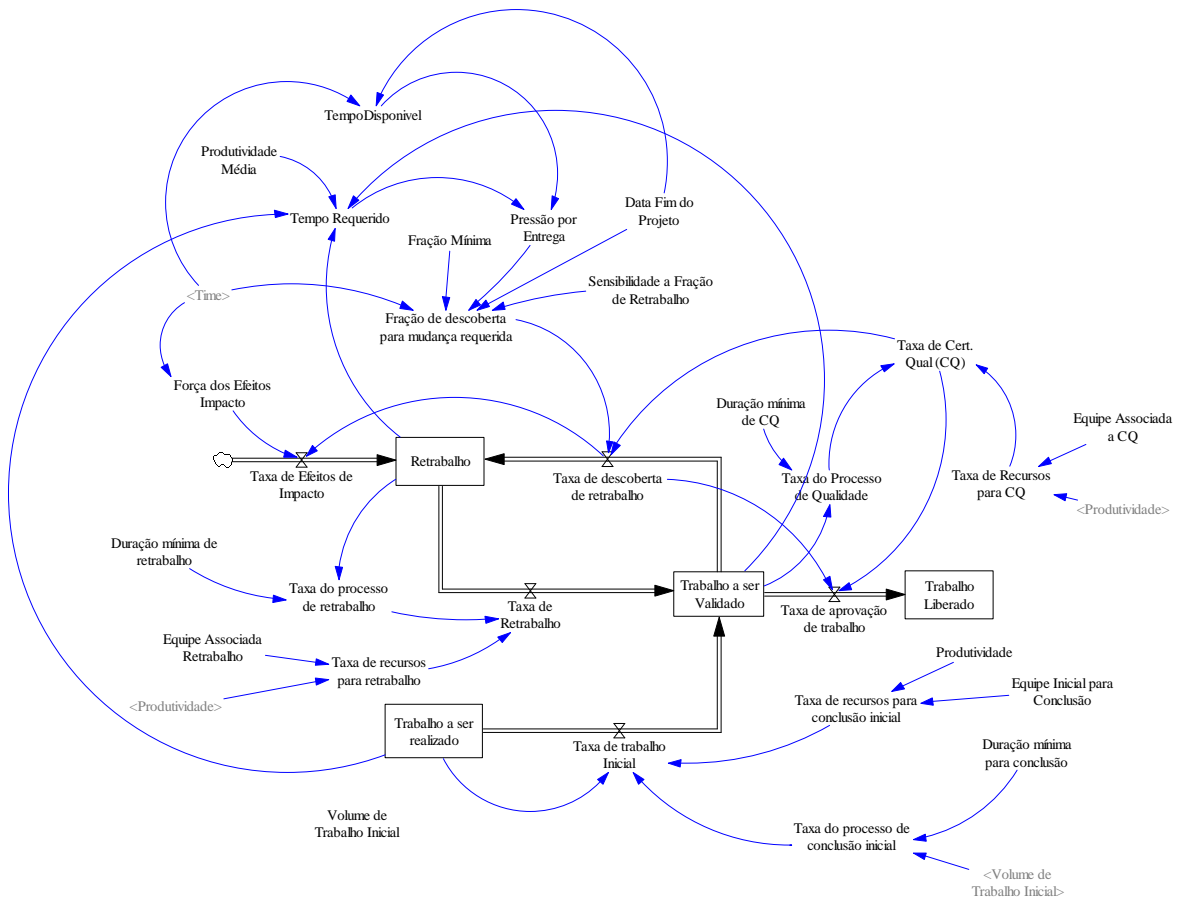
$S_{RT-S}$  – sensibilidade da fração de retrabalho a pressão por entrega {percentual}; e

$vF_{RT}'$  – referência base para a fração de retrabalho {percentual}.

A Figura 37 mostra a estrutura de pontos de inflexão com a pressão para entrega mapeada. O enlace (R2) pode aumentar a força do efeito de impacto do enlace (R1) com o acréscimo da fração de retrabalho descrito acima. Com o estoque total do projeto aumentando, o tempo requerido para completar o projeto aumenta, aumentando a pressão pela entrega. Metas agressivas de prazo são comuns em desenvolvimento de projetos. Gerado pela pressão por entrega, isso pode causar problemas de desempenho em projetos que envolvem desenvolvimento de novos produtos ou serviços.

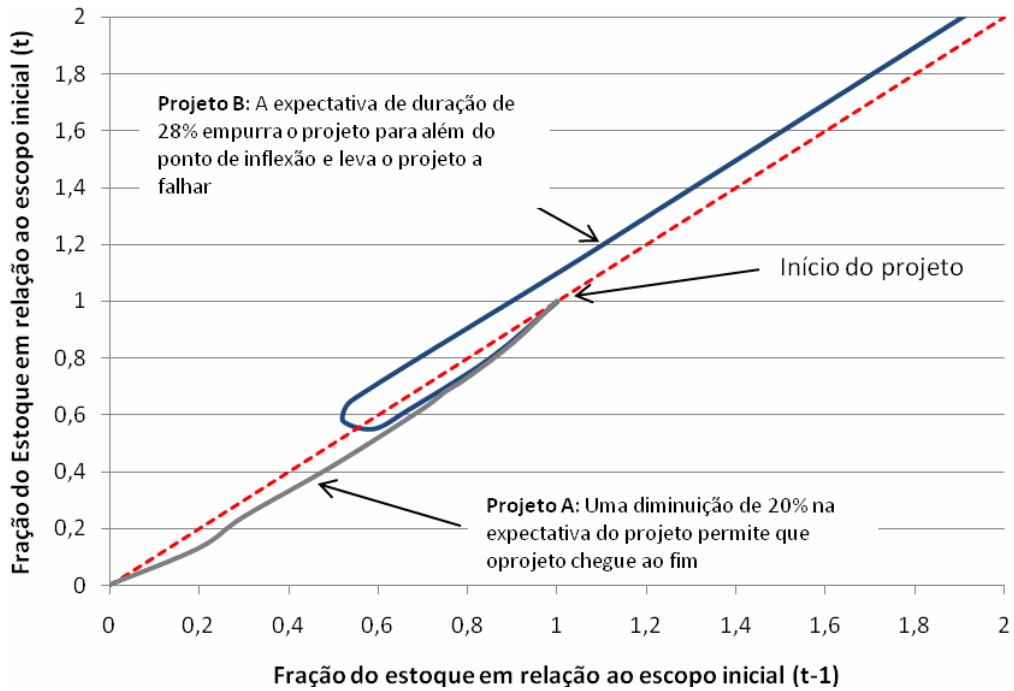
A Figura 38 mostra o modelo VENSIM para avaliação do cenário descrito, incluindo o impacto causado pela pressão pela entrega.





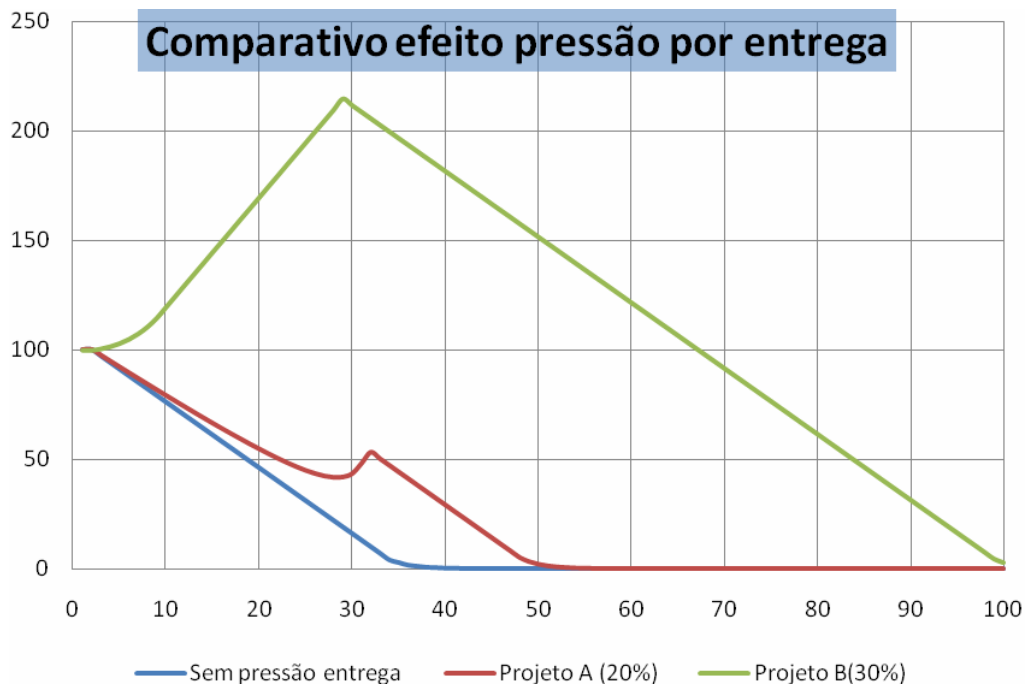
**Figura 38 – Modelo VENSIM para simulação da pressão por entrega**

A Figura 39 mostra o comportamento de dois projetos (A e B) com diferentes metas de prazo e, conseqüentemente, diferentes pressões por entrega. Sem a pressão por entrega (enlace R2 inativo) os 2 projetos terminam em 40 semanas. A expectativa de duração do projeto A (baixa inovação – Sensibilidade a pressão = 0.1) foi reduzida em 20% (32 semanas, ao invés de 40). O projeto B (média inovação – Sensibilidade a pressão = 0.4) teve sua expectativa de duração reduzida em 30% (28 semanas). A interação da pressão por entrega e a análise do ponto de inflexão exercem um grande impacto no desempenho do projeto. Projeto A permanece no lado “bom” da diagonal de inflexão chegando ao seu final, mas o projeto B cruza a diagonal, o que causa uma trajetória reversa e leva o projeto a falhar.



**Figura 39 - Efeitos da pressão por entrega no desempenho de projetos**

Podemos verificar o gráfico do estoque de trabalho de cada um dos projetos para comparar o impacto causado pela pressão por entrega:



**Figura 40 – Efeito da pressão pela entrega no desenvolvimento de projetos**

Simulações mostraram que a quantidade de pressão por entrega que pode ser absorvida sem a reversão da trajetória está relacionada com a distância do início do projeto e às condições de ponto de inflexão. O enlace dos efeitos de impacto, somado à pressão por entrega, pode explicar como influências endógenas em projeto que iniciam em condições favoráveis podem tornar-se “reféns” além da diagonal de inflexão, degradar e até falhar.

### 5.3. Efeitos conjugados (internos e externos)

Muitos dos gerentes de projeto experimentam problemas temporários e muitos têm metas agressivas de prazos. Nesses casos, o desenvolvimento de projetos pode estar condenado ou comumente falhar, devendo ser analisados sob a ótica da análise de pontos de inflexão.

A pressão pela entrega, por exemplo, que poderia em circunstâncias normais finalizar o projeto, leva o projeto a cruzar a diagonal de inflexão, conseqüentemente, levando o projeto a falhar. A Figura 41 descreve este tipo de projeto quando aplicado individualmente um problema temporário (exógeno) ou uma pressão moderada de entrega (endógena) que não promove a degradação permanente do projeto. Contudo, o impacto combinado desses efeitos pode ser suficiente para empurrar o projeto à degradação.

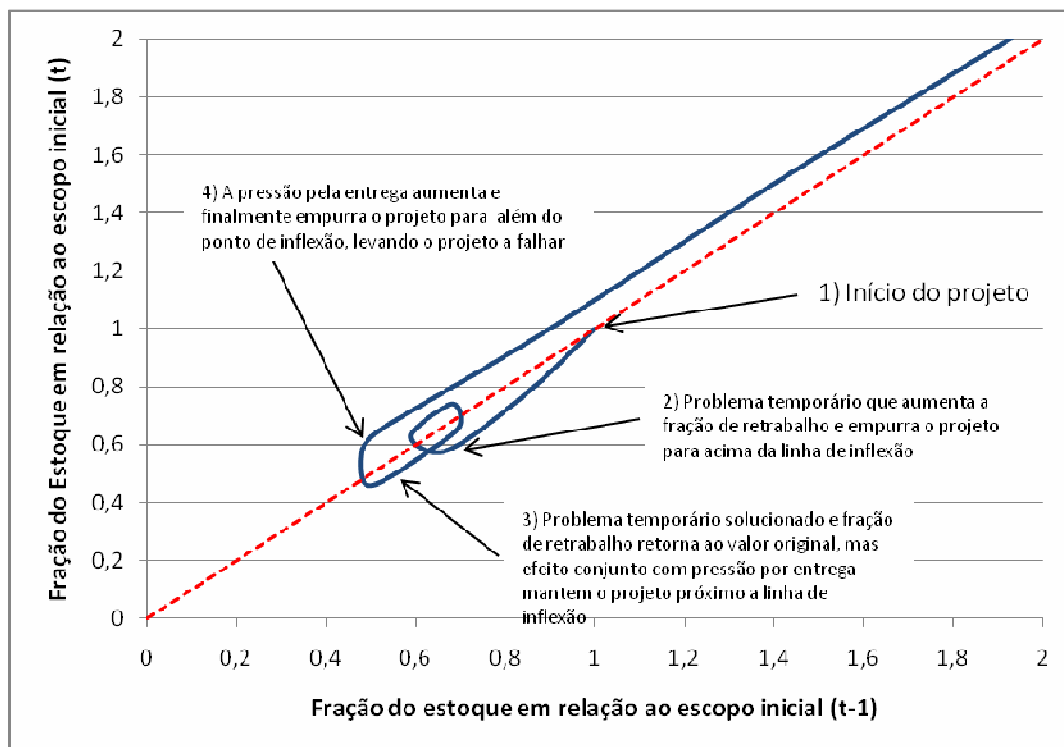


Figura 41 – Efeitos de fatores exógenos e endógenos em um mesmo projeto

Considere-se um desenvolvimento com metas agressivas de prazo e que experimenta um inesperado problema que temporariamente amplia a fração de retrabalho. Quando o problema é resolvido e, temporariamente, o aumento à fração de retrabalho é retirado, o projeto mergulha diagonal abaixo e recomeça a diminuição do estoque de trabalho, mas permanece mais próximo da linha de ponto de inflexão do que antes. Isso se deve ao fato de que um aumento no estoque de projeto gerado pelo problema temporário aumenta a pressão pela entrega e, conseqüentemente, a fração de retrabalho e o peso dos efeitos de impacto.

Ao contrário de projetos sem a pressão por prazo, a fração de retrabalho aumenta após a solução do problema temporário devido à alta pressão pela entrega. Eventualmente, as condições do projeto excedem o ponto de inflexão novamente (pt. 4) e o projeto cruza a linha uma segunda vez, agora causado por um efeito endógeno, levando-o a falhar.

#### ***5.4. Estudo de caso – Aplicação em projetos***

Para validar e avaliar as melhorias propostas nos tópicos anteriores, foram escolhidos dois projetos no ambiente da empresa em estudo para permitir a análise à luz da dinâmica de projetos. Visando garantir uma diversidade nas análises dos projetos neste estudo de caso, foram elencados projetos com as seguintes características:

- **Projeto A** – Alta complexidade, com inclusão de uma nova tecnologia, revertido em um produto ou serviço para o cliente externo da empresa.
- **Projeto B** – Baixa ou média complexidade, modificações de sistemas internos de TI, com ou sem impacto direto no cliente, mas com grande importância.

Outro aspecto importante para a escolha dos projetos para validação da proposta de alteração de metodologia é a documentação existente disponível no acervo do Escritório de Projetos da empresa em estudo. A não disponibilidade dessa documentação implicaria a necessidade de acompanhar um projeto do início ao fim, aplicando as melhorias e avaliando o seu desempenho, bem como propondo novas modificações.

Entende-se que as análises realizadas com a ferramenta de sistemas dinâmicos, descritas nos tópicos anteriores, e o estudo de caso de projetos com documentação existentes são suficientes para validação das propostas de melhorias.

### 5.4.1. Projeto A – Implantação de serviço para leitura de e-mail no celular

O projeto A consiste na implementação de uma ferramenta/produto para leitura de e-mails no celular. A solução visa permitir que o usuário móvel tenha condições de ler seus e-mails e acessar diretórios de arquivos, contatos e compromissos, corporativos ou pessoais, em seu terminal móvel, ganhando mobilidade e a possibilidade de receber informações para tomada de decisão em qualquer lugar que possua cobertura.

O projeto está dividido em dois subprojetos: um piloto e outro com a versão final ou definitiva do produto. A EAP do projeto que se converteu em cronograma com a lista de atividades e, conseqüentemente, a quantidade de unidades do estoque inicial de trabalho, está ilustrada na Figura 42 e na Figura 43.

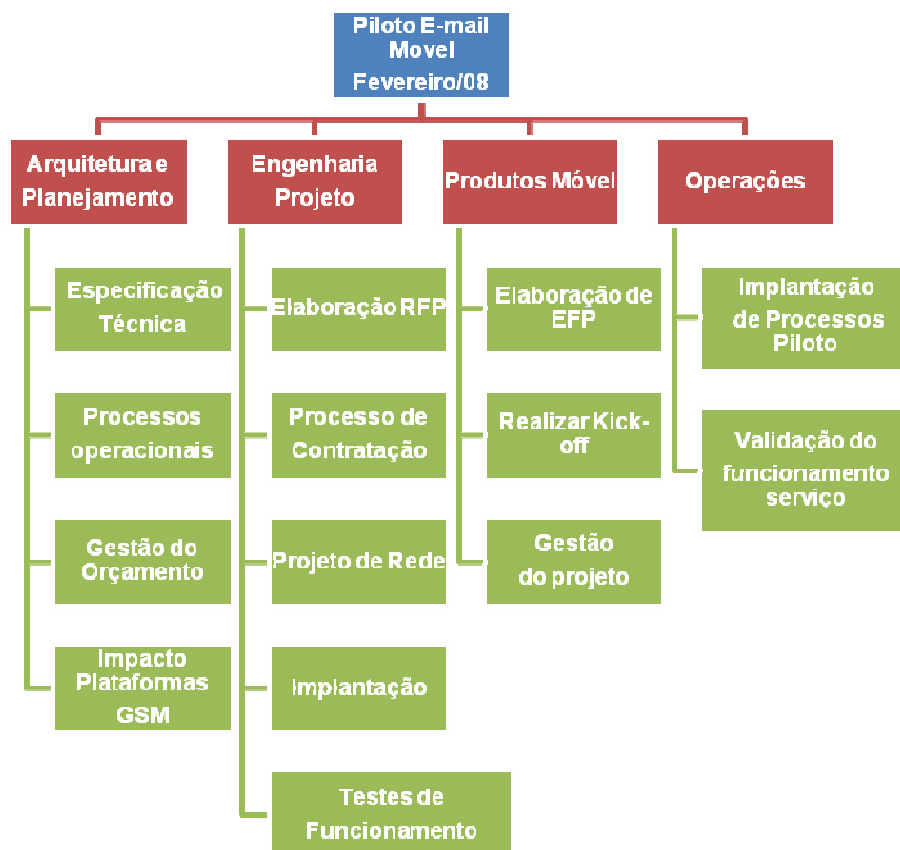
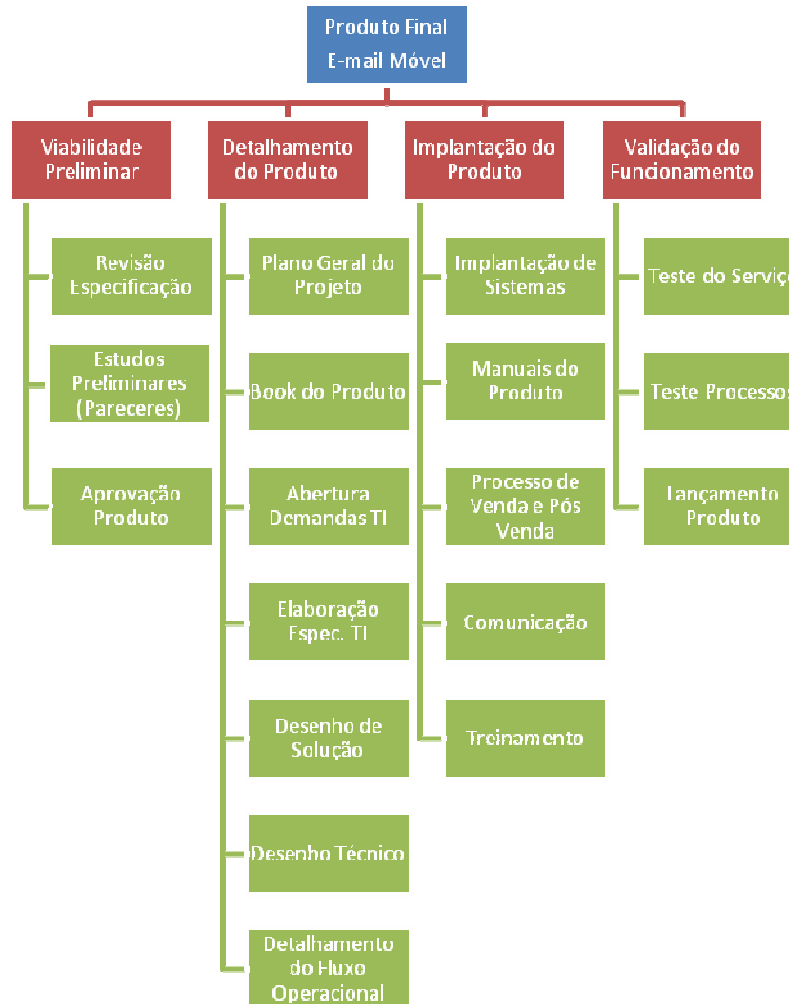


Figura 42 – EAP do piloto projeto Blackberry



**Figura 43 – EAP de adequações do piloto para versão comercial da solução**

Os RAPs são gerados mês a mês. Portanto, diferentemente da unidade de tempo utilizada nas análises realizadas nos tópicos acima (semanas). A Tabela 2 indica a evolução dos estoques do projeto mediante avaliação dos relatórios de acompanhamento mensal. Os critérios para estimativa dos impactos nos estoques são os seguintes:

- Caso haja especificações ou outros produtos de projeto que estejam em validação pela área usuária, elas comporão o estoque de verificação de qualidade.
- Entregas que foram realizadas conforme previsto decrementam o estoque inicial do projeto.
- Entregas do projeto onde houve a necessidade de alterações devem compor o estoque de retrabalho.

- Modificações de escopo promovidas por fatores externos devem promover modificações na força de efeitos de impacto ( $F_{EI}$ ).
- Modificações de escopo promovidas por fatores internos ao projeto devem promover modificações na fração de retrabalho ( $F_{RT}$ ).
- O grau de complexidade do projeto, que no caso do projeto A é alta, deve indicar uma maior sensibilidade a modificações na  $F_{RT}$ .

Diante desse cenário segue os valores dos estoques,  $F_{RT}$  e  $F_{EI}$  (TAB. 2)

Tempo	Estoque Inicial	Estoque CQ	Estoque RT	$F_{RT}$	$F_{EI}$	Comentários
Mês 0	94	0	0	0,2	1	
Mês 1	78	5	1	0,2	1	Projeto segue fluxo de desenvolvimento
Mês 2	63	8	5	0,2	2	Problemas com Contratação RIM
Mês 3	55	4	22	0,5	3	Contratação sem previsão e pressão pelo prazo inicial
Mês 4	54	4	17	0,7	2	RIM envia minuta contrato prazo adiado e TI desenvolvendo sem detalhamento
Mês 5	46	4	8	0,5	1	Problema de Contrato resolvido
Mês 6	40	2	6	0,5	3	Necessidade de Workshop
Mês 7	35	5	23	0,5	2	Contratação só após workshop

**Tabela 2 – Acompanhamento do projeto A**

Como se pode observar, o projeto se encontra em andamento no mês 7. Pode-se traçar o MDP (mapa desenvolvimento de projeto) para o projeto A real, bem como esboçar uma comparação com uma simulação usando o modelo dinâmico (FIG. 44).

## MDP Blackberry Real

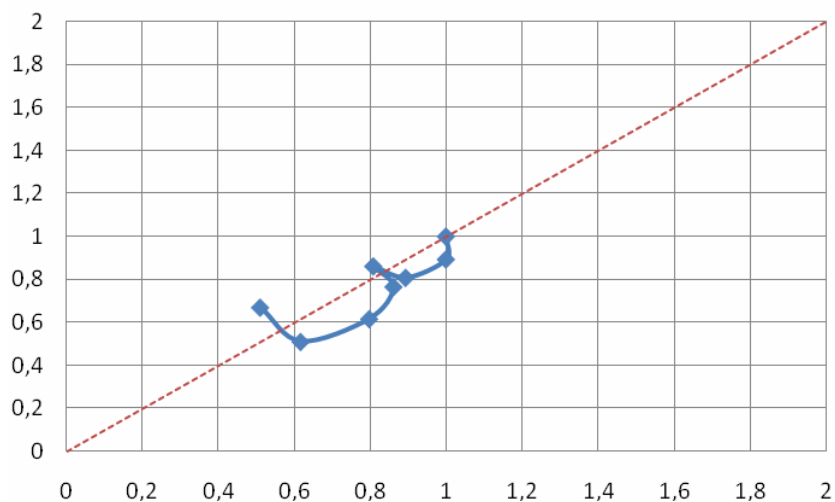


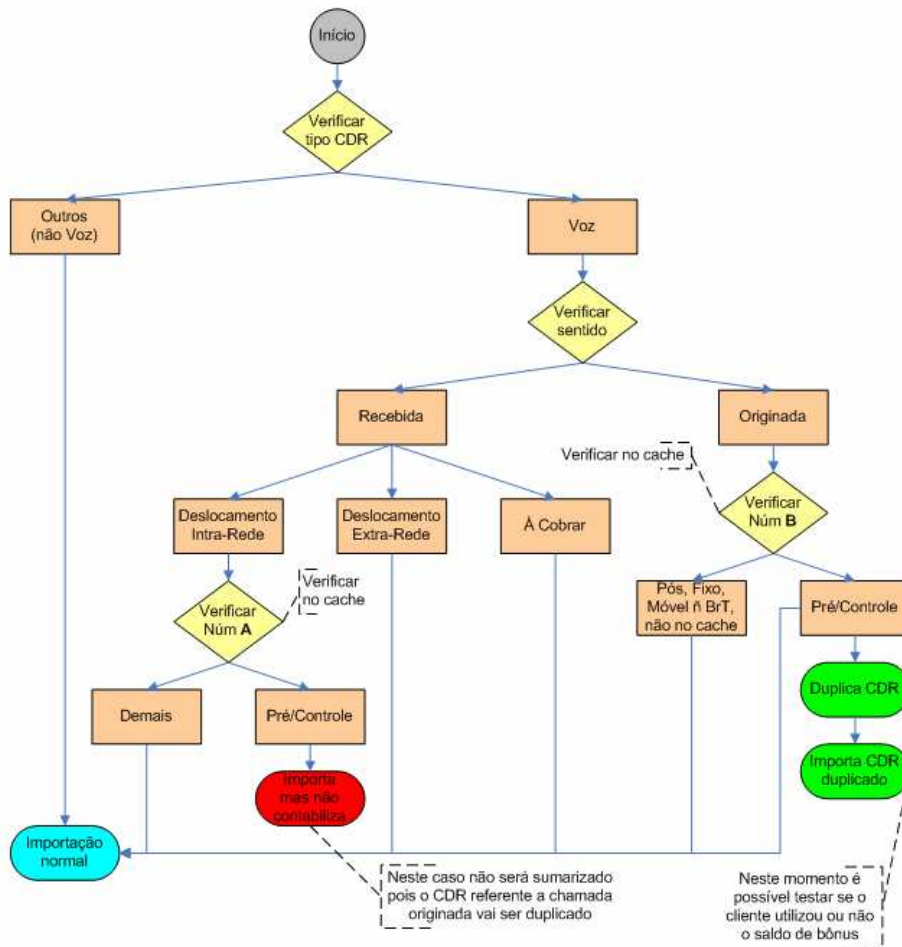
Figura 44 – MDP do projeto A

### 5.4.2. Projeto B – Bônus não gera bônus

O projeto B, Bônus não gera bônus (BNGB), visa minimizar o impacto financeiro da concessão de bônus para clientes que pagam em um mês e não pagam em outro. A solução consiste em computar a duração das chamadas recebidas por um cliente pré-pago, que são sumarizadas mensalmente, para identificar o valor correspondente do bônus da promoção (ligações recebidas se convertem em bônus no mês seguinte para o cliente falar de graça) a ser concedido para este cliente no próximo mês. Essas chamadas são geradas por centrais que enviam, hoje, somente o mínimo necessário de informações para essa funcionalidade. Neste cenário, não é possível identificar se o número que originou a chamada utilizou o saldo de bônus, não sendo possível fazer o tratamento onde bônus não deve gerar bônus. A solução proposta no projeto visa disponibilizar as informações do CDR (Call Detail Record – Registro Detalhado de Chamada) da chamada originada, identificando se ela foi efetuada utilizando-se saldo principal ou saldo de bônus. Caso a chamada tenha sido originada a partir do saldo de bônus, os minutos recebidos pelo acesso de destino não serão contabilizados para bonificação.

O fluxograma ilustra como deve ser a triagem das chamadas que ainda devem ser implementadas na plataforma pré-pago para que ela possa realizar a concessão dos bônus (FIG. 45).





**Figura 45 - Fluxo para tratamento do CDR na plataforma pré-pago**

Pode-se observar que o projeto em questão não possui grande impacto no cliente, dado que a concessão dos bônus está errada, dando margens para fraudes, e possui uma complexidade média, pois envolve sistemas de TI e processos já conhecidos pela equipe Brasil Telecom.

Com base nos critérios adotados no projeto A, elaborou-se a Tabela 3, com o desenvolvimento dinâmico do projeto para o projeto B:

Tempo	Estoque Inicial	Estoque CQ	Estoque RT	F <sub>RT</sub>	F <sub>EI</sub>	Comentários
Mês 0	63	0	0	0,2	0,5	
Mês 1	59	0	0	0,2	0,5	
Mês 2	52	3	0	0,2	0,5	
Mês 3	41	9	4	0,5	0,9	Aquisição de Hardware
Mês 4	39	5	2	0,2	1,5	Permanece problema com aquisição de hardware
Mês 5	34	4	3	0,2	0,9	Aquisição em andamento
Mês 6	17	1	0	0,2	0,5	Início do Piloto
Mês 7	14	1	0	0,4	0,5	Piloto implantado com sucesso apenas aguardando migrações da promoção
Mês 8	10	4	2	0,2	0,5	
Mês 9	8	2	0	0,2	0,5	
Mês 10	0	5	0	0,2	0,5	Fim do Projeto

**Tabela 3– Acompanhamento do projeto “B”**

Pode-se traçar o MDP e verificar como o projeto se comportou ao longo do seu desenvolvimento (FIG. 46):

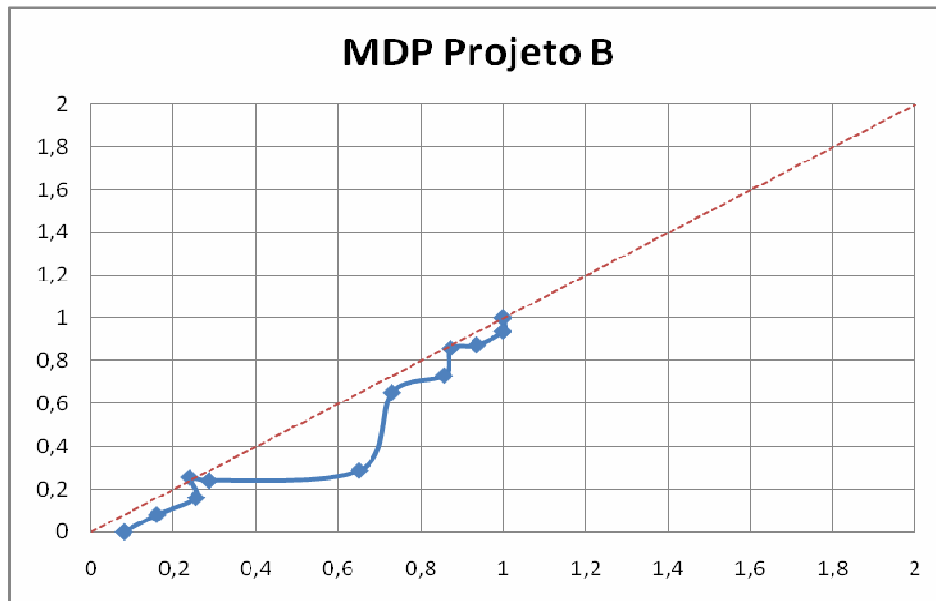


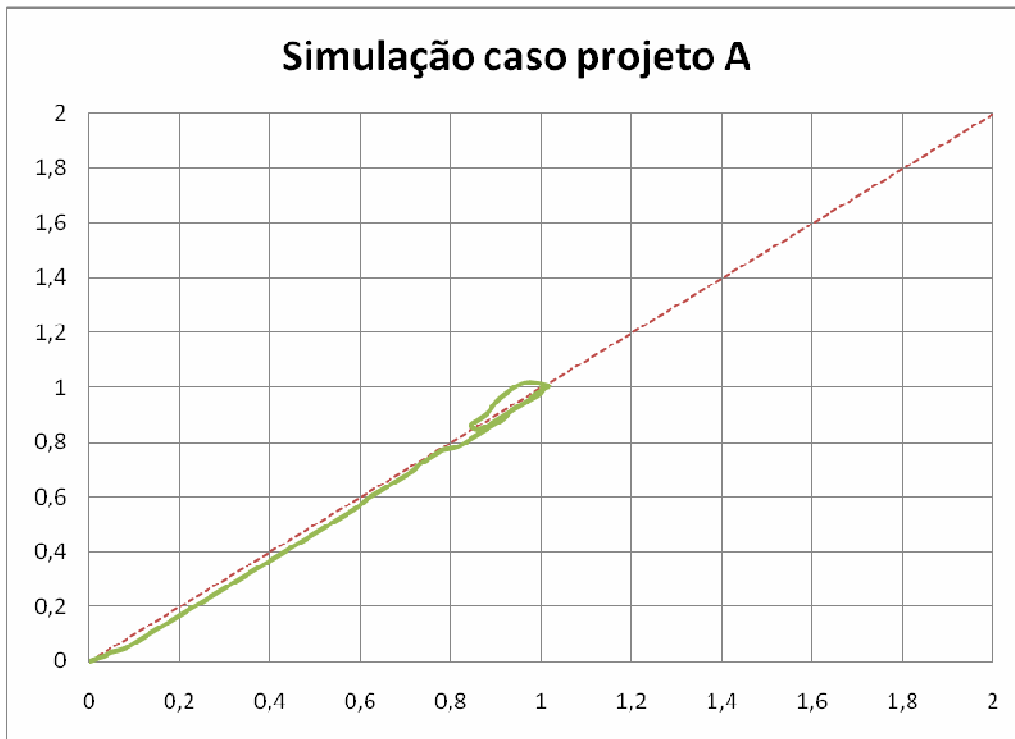
Figura 46 – MDP para acompanhamento do projeto B

### 5.5. *Análise dos casos apresentados*

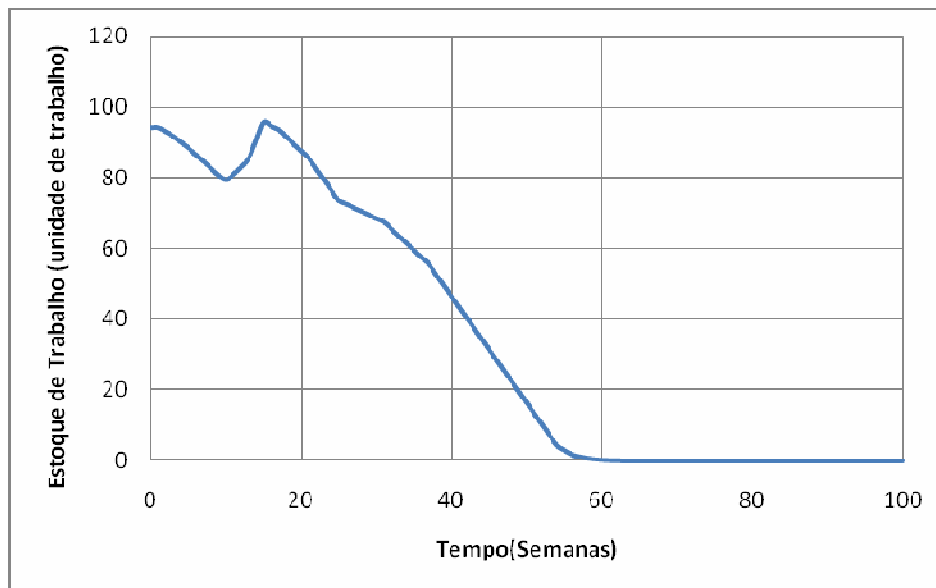
O projeto A encontra-se em desenvolvimento. Devido a sua alta complexidade, observa-se que cruza a linha de inflexão com um aumento considerável de estoque de trabalho. Já o projeto B, por tratar-se de modificações em processos já existentes, foi conduzido com tranqüilidade e concluído com sucesso.

A análise do MDP do projeto A indica que ele vem sofrendo, ao longo do seu desenvolvimento, de pressões que aumentam o estoque de trabalho. As pressões estão diretamente ligadas a modificações no escopo inicial do projeto, como se pode observar na Tabela 2. Como o projeto implica a inclusão de uma nova tecnologia, mesmo elaborando toda a documentação e realizando a análise prevista na metodologia de gerenciamento, baseada no PMI, para a fase de planejamento, sofre com os impactos relacionados ao escopo.

Pode-se observar por meio da simulação usando VENSIM e os dados coletados e estimados para o projeto A (FIG. 47), que ele se encontra em dificuldades de ser concluído, mas chegará ao fim (estoque de trabalho do projeto igual a 0).



**Figura 47 – Simulação para análise do projeto A**



**Figura 48 – Evolução estoque de trabalho do projeto A**

O projeto A, que tinha previsão inicial de terminar em cinco meses (20 semanas), estende-se, de acordo com os parâmetros usados na simulação e análise de sistemas dinâmicos para 60 semanas (15 meses) (FIG. 47). Embora o modelo dinâmico de análise de projetos não esteja preparado para uma análise de predição de resultados (fora do escopo do estudo em questão), pode-se estimar a data de conclusão e sua variação/atraso de 300% em

relação ao previsto. O projeto A sofreu com as alterações de escopo, mas não somente, dado que a pressão pela conclusão do projeto é uma constante em seu desenvolvimento.

O projeto B, ao contrário do A, encontra maior robustez nas alterações de escopo. Analisando o gráfico da Figura 46 pode-se observar que por duas vezes o projeto se aproxima da linha de inflexão. Ações do gestor do projeto e a baixa complexidade do projeto B (alta robustez aos efeitos de impacto e fração de retrabalho) concorreram para conclusão do projeto B com sucesso.

Voltando ao projeto A. De acordo com os dados levantados, o projeto A se encontra sem riscos ou problemas cadastrados (RAP e Relatório de Riscos), o que sinaliza que para o seu gestor encontra-se “saudável”. Observando o MDP, constata-se que é necessária uma atuação do gestor para que o projeto volte a se desenvolver. As medidas gerenciais adotadas devem garantir uma redução impactante no volume de trabalho do projeto.

### **5.5.1. Considerações Finais**

A análise dos elementos que influenciam um projeto é bastante complexa. Ao contrário de sistemas determinísticos, em que uma entrada origina uma saída pre-determinada, um projeto possui diversos elementos constitutivos, o que impossibilita a utilização de uma análise “entrada/saída”. O foco deixa de ser nos processos e variáveis de entrada/saída e passa a ser nas relações e interações.

Dentre os vários fatores que compõem um projeto, o que dificulta uma análise cartesiana são aqueles relacionados ao comportamento humano. É possível imaginar qualquer estrutura de negócios e, conseqüentemente, de projetos em termos de uma rede de elementos, cada qual ocupando um lugar em sua própria paisagem. Cada uma dessas paisagens está ligada a muitas outras, como a dos patrocinadores, a dos colaboradores e a dos negócios complementares. À medida que a paisagem de uma empresa muda, também mudará a de outras ligadas a ela.

A dinâmica dessas mudanças é conduzida e determinada pelas decisões tomadas pelos diversos agentes, constituintes da própria estrutura sistêmica, e pelas políticas que regem essas decisões. Entende-se assim que as questões e decisões na gestão de projetos caracterizam-se por uma enorme dependência em relação ao contexto em que um determinado projeto está inserido. A compreensão desse cenário extrapola qualquer visão baseada no senso comum do gerente de projetos. A verdade é que, em vez de estados “bem

comportados”, no dia-a-dia os gestores se deparam com estados de desordem, nos quais as soluções ótimas de problemas individuais não podem se agregar para ser encontrada a solução ótima do todo.

O gestor se esforça para utilizar um conjunto de melhores práticas que possam oferecer ferramentas de suporte a gestão de projetos. Entretanto, a dinâmica de sistemas incorporada à problemática de projetos supera a análise estática de cenários ideais, uma vez que agrega à análise de desempenho dos projetos os impactos de suas variáveis complexas.

## 6. CONCLUSÃO

Neste capítulo será apresentado a discussão dos resultados obtidos, as contribuições da pesquisa na aplicação da técnica de pontos de inflexão e de simuladores de sistemas dinâmicos na análise de problemas relacionados ao gerenciamento de projetos.

- *Discussão dos resultados*

Esta pesquisa se propôs a investigar a aplicação das técnicas de ponto de inflexão associado à dinâmica de sistemas para o gerenciamento de projetos. A partir da revisão bibliográfica em que se buscaram subsídios para caracterizar os problemas apontados, indicasse o processo a ser adotado, mostra-se a aplicação, desenvolve-se o estudo de caso e faz-se a análise dos resultados obtidos.

A aplicação de sistemas dinâmicos mediante a análise do modelo de projetos apresentados e as simulações no VENSIM, pôde-se verificar a aplicação da proposta. Considerando os resultados obtidos (analisados no capítulo 5) pode-se concluir que de acordo com os objetivos citados no capítulo 1, principalmente no que se refere a revisar a bibliografia sobre o assunto (a qual foi apresentada nos capítulos 2 e 3), analisar os modelos de gerenciamento usando sistemas dinâmicos (apresentados no capítulo 4), aplicar e avaliar os resultados apresentados (capítulo 5) os resultados foram satisfatórios, conforme apresentados no decorrer da pesquisa.

Percebe-se que um projeto está em vias de fracassar quando a quantidade de estoque de trabalho de um projeto aumenta ao longo do tempo. Como os gerentes de projeto devem lidar com um ambiente com vários efeitos imprevisíveis, guiar o projeto para o sucesso quando ele não está indicando essa possibilidade torna-se a questão chave da gestão dinâmica de projetos.

Verificou-se que a utilização da dinâmica de sistemas pressupõe a adequação de comportamento dos gestores de projetos com intuito de incorporar algumas premissas:

- Monitorar os pacotes de atividades, em termos quantitativos
- Avaliar o desenvolvimento das atividades e ainda verificar as conseqüências e inter-relações dessas atividades

- Considerar estoques de trabalho diferenciados mediante análise qualitativa do andamento do projeto

Essa proposta foi validada pela aplicação em dois projetos em que se observou a evolução de um projeto concluído (projeto B) em relação as seus estoques de trabalho diversos e o mapa de ponto de inflexão, constatando o desenvolvimento progressivo desse projeto e seu resultado final. Em relação a um projeto em andamento (projeto A), pode-se observar a necessidade de atuação do gerente do projeto diante dos elementos dinâmicos da gestão, constatados nas análises do modelo simulado.

Das hipóteses consideradas no capítulo 4, pode-se agora aferir quais delas foram confirmadas e quais carecem de uma análise mais aprofundada:

<b>AVALIAÇÃO DAS HIPÓTESES</b>		
<b>Levantadas</b>	<b>Observadas</b>	<b>Síntese</b>
<b>A dinâmica de sistemas pode ser aplicada para analisar cenários de projeto.</b>	Observada através do estudo de caso	A aplicação de SD enriquece o gerenciamento de projetos conforme literatura indicada e os resultados dessa pesquisa
<b>Podem-se mapear projetos de maneira simplificada como sendo um conjunto de atividades/trabalho.</b>	A partir da simplificação do projeto pode-se construir o MDP como indicador de desempenho	Facilita a abordagem de projetos a partir de uma variável sensível ao gestor, facilitando a tomada de decisões
<b>Por meio de uma análise quantitativa, deve ser possível determinar quando um projeto deixa de progredir e passa a degradar</b>	Observada nas simulações e no estudo de caso, através do mapa do ponto de inflexão	O ponto de inflexão garante a observação e monitoramento do desempenho do projeto, a partir dos estoques de trabalho
<b>A técnica de ponto de inflexão reflete o desenvolvimento do projeto, considerando como variável o estoque de trabalho do projeto.</b>	Parcialmente verificada através de estudo de caso.	A aplicação da técnica a projetos em andamento e seu acompanhamento em tempo real podem comprovar em sua totalidade essa hipótese

**Tabela 4 – Avaliação das hipóteses apresentadas**

Portanto, fica evidenciado que a análise por meio do ponto de inflexão e sistemas dinâmicos proporciona uma melhoria importante no gerenciamento de projetos auxiliando o gerente na tomada de decisões e evitando que elementos antes ocultos ao gerenciamento, possam ser monitorados.



Em termos dos objetivos dessa dissertação pôde-se concluir que o objetivo geral foi alcançado. Recomenda-se que esta proposta seja aplicada, analisada e ampliada em outros trabalhos.

- ***Contribuições do trabalho***

O gestor de projetos deve lidar com todo esse contexto e extrair de um cenário com várias limitações, seja de recursos, de verba e de prazo, mas principalmente gerenciais. Até o presente momento, um conjunto de “boas práticas”, que é aplicado de maneira satisfatória para a média dos projetos, auxilia o gestor na tomada de decisões. Entretanto, as complexidades associadas aos sistemas complexos e sociais como projetos, principalmente de TI e de telecomunicações, necessitam de ferramentas mais eficazes que possibilitem uma visão ampliada desses contextos. Estruturas de ponto de inflexão são integradas na análise da dinâmica de projetos e seus comportamentos, para auxiliar na solução desses problemas.

Pode-se elencar como as principais contribuições desse trabalho:

- Utilização do ponto de inflexão na geração de um indicador do desempenho do projeto (MDP)
- Avaliação de efeitos conjugados em projetos, ocasionando falha (endógeno e exógeno), ampliando esse entendimento
- Análise das condições do ponto de inflexão e como evitá-las (planejamento modular, gerenciamento de recursos, etc...)
- Propostas de melhorias na gestão de projetos que visam incorporar os efeitos dinâmicos do gerenciamento
- Aplicação das propostas de melhorias e o indicador de desempenho, que aplicados em casos reais, possibilitam uma ampliação da análise do cenário de gerenciamento.

- ***Vantagens e desvantagens***

Como descrito nos tópicos **2.5.4** e **2.6**, alguns métodos utilizados na gestão em projeto consistem em uma análise que leva em consideração apenas as variáveis: tempo/prazo e custo. A gestão do projeto utilizando o CPM se resume a identificar as atividades ofensoras do projeto e dar-lhes a atenção e foco devido para evitar o escorregamento do projeto.

Atividades que venham a surgir, por exemplo, devido a uma mudança no escopo original ou, ainda, atividades que durante o planejamento não faziam parte do caminho crítico, devem ser re-planejadas adotando os processos de controle associados.

A identificação dessas atividades também se torna uma tarefa complexa, dado que os indicadores de custo e prazo resumem o projeto a estar, ou não, de acordo com os custos e os prazos estimados ou, ainda, o quanto variaram os custos e prazos planejados. Um gerente de projeto com pouca experiência, sem o histórico dos indicadores na companhia, terá dificuldade de interpretar e tomar as ações necessárias para corrigir o curso do projeto.

A abordagem proposta neste trabalho tira o foco das variáveis estáticas e os coloca nas relações. Portanto, não mais é trivial apenas identificar se o projeto vai atrasar ou não, mas sim qual o nível de trabalho atual do projeto. Ou, ainda, temos recursos suficientes para terminar o montante de trabalho existente. Expandindo os aspectos dinâmicos envolvidos na gestão de projetos, o gestor passa a se questionar: O impacto de uma mudança de escopo foi significativo na quantidade de trabalho a ponto de comprometer o projeto? Verifica-se, por meio da abordagem dinâmica, que os projetos podem ser parametrizados devido à resistência ou o impacto que é capaz de suportar (força de efeito de impacto e fração de retrabalho). Ou, ainda: Como se pode planejar o projeto de forma a promover o aumento dessa resistência?

Todas são questões adicionadas a partir dessa abordagem.

- ***Recomendações de trabalhos futuros***

Os principais avanços para a análise dinâmica em projetos estão relacionados à incorporação dos modelos dinâmicos como ferramentas de gestão em projetos, não apenas como ferramenta de análise.

A utilização de modelo dinâmico para fins de predição em um projeto é uma aplicação interessante a ser trabalhada. O uso de modelos dinâmicos para predição de prazo e alocação de recursos necessita ser ajustado para incorporar os aspectos de cada segmento industrial (telecomunicações, construção civil, etc.), bem como ser validado com projetos reais.

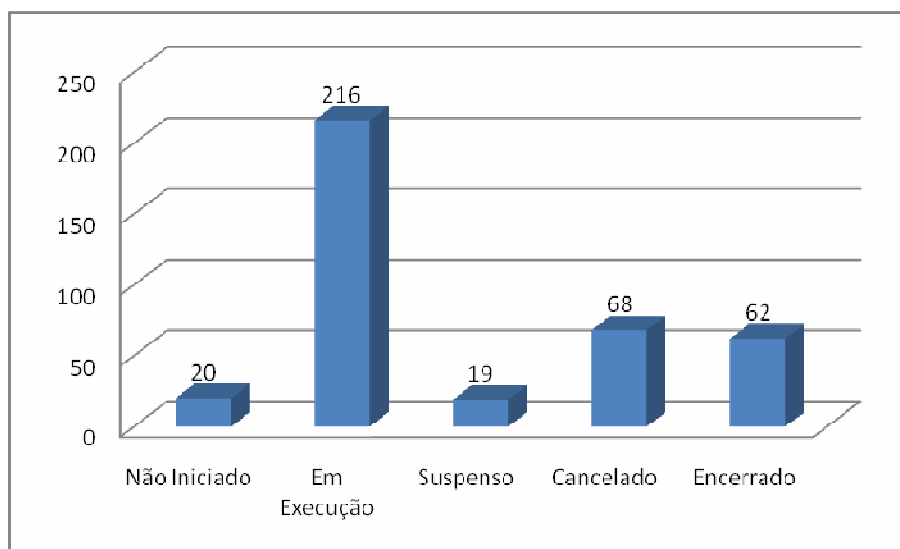
A ampliação da gama de cenários dinâmicos além dos já estudados é outro ponto a ser desenvolvido. Algumas causas de falhas associadas à dinâmica de projetos já foram estudadas: re-trabalho, combate a incêndio, pressão para entrega, trade-off entre custo e prazo, etc. Entretanto, elementos relacionados a motivação da equipe, liderança e uso ou não

de terceirização de equipe em projetos podem ser outros pontos que devem ser analisados sobre os aspectos da dinâmica de sistemas.

A dinâmica de pontos de inflexão podem fortemente influenciar o comportamento e a performance do desenvolvimento individual de projetos e, algumas vezes, determinar seus sucesso e falhas. Um aprimoramento continuado no entendimento da dinâmica de pontos de inflexão pode levar a um melhor desenvolvimento no gerenciamento de projetos e suas performances. O uso do MDP como indicador também carece de uma análise aprofundada de sua eficácia, mediante a aplicação das melhorias propostas neste trabalho em projetos em andamento e acompanhando as ações tomadas a partir da análise do indicador e dos seus resultados.

- **Considerações Finais**

Como qualquer empresa de telecomunicações e de TI a empresa em estudo sofre o impacto das mudanças e da velocidade com que elas acontecem no mundo atual. Os dados levantados em 2007 sobre o panorama de projetos da empresa em estudo (Figura 49) mostram que aproximadamente 22% dos projetos não chegam ao fim.



Não Iniciado	Em Execução	Suspense	Cancelado	Encerrado	Total
20	216	19	68	62	385

Figura 49 – Panorama dos projetos - ano 2007 – empresa em análise

Boa parte dos projetos suspensos ou cancelados está relacionada com as mudanças do mercado de telecomunicações e com falhas na concepção do projeto (projeto desnecessário). Ainda analisando o cenário dos 216 projetos em execução, mais da metade se encontra com problemas de desenvolvimento e com os prazos iniciais extrapoladas.

Concluindo, este estudo tentou encontrar soluções que auxiliam os gestores em projetos nesse tipo de ambiente competitivo.

## 7. Referências Bibliográficas

- Andrade, A. L. “Pensamento Sistêmico: um roteiro básico para perceber as estruturas da realidade organizacional.” PPGEF / UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil. REAd - Revista Eletrônica de Administração. Edição 5, Junho de 1997,
- Azanha, José. As características de um gerente de projeto. São Paulo, fev. 2003. Disponível em: [http://www.joseazaha.com.br/as\\_caracteristicas\\_de\\_um\\_gerente\\_de\\_projeto.htm](http://www.joseazaha.com.br/as_caracteristicas_de_um_gerente_de_projeto.htm) Acesso em 29 março 2008.
- Bastos, A. “A dinâmica de sistemas e a compreensão de estruturas de negócios”, São Paulo : FEA/USP, 2003.
- Bayer S., Salter A. e Gann D. “Balancing work-bidding strategies and workload dynamics in a project based professional service organization“ Imperial College London 2005
- Benedetto C. A. “Identifying the key success factors in new product launch” Journal product innovation management 16 pp 530 a 544, 1999
- Black, L. e Reppenning, N. “*Why firefighting is never enough: preserving high-quality product development.*” System Dynamics Review.,2001
- Bulbul A. “Capturing project dynamics with a new project management tool: Project Management Simulation Model (PMSM)” Portland University 2005
- Capra, F. “As Conexões Ocultas: Ciência para uma vida sustentável.” São Paulo: Editora Pensamento-Cultrix Ltda., 2002
- Cheng L. C. “Caracterização da gestão de desenvolvimento do produto: delineando o seu contorno e dimensões básicas” UFMG 1996
- Cook R., “Measuring the value of success in project management organizations” Dissertação de Doutorado Argosy University Dezembro 2004
- Cooper, K. “System Dynamics Methods in Complex Project Management.” Managing and Modelling Complex Projects, T. Williams, ed., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht., 1997
- Cooper, K. “The Rework Cycle: benchmarks for the project manager.”Project Management Journal, 24(1),1993.

- Dvir D., Raz T. e Shenar A., "An empirical analysis of the relationship between project planning and project success" *International Journal of Project Management* 21, 2003
- FERNANDES, A. da C. "Dinâmica de Sistemas e Business Dynamics: Tratando a Complexidade no Ambiente de Negócios." *Anais do XXI ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Salvador, out. 2001.
- Fleury A. "Gerenciamento do desenvolvimento de produtos na economia globalizada" USP 1999
- Ford, D. 1995. "*The Dynamics of Project Management: An Investigation of the Impacts of Project Process and Coordination on Performance.*" Dissertação de Doutorado. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA. 1995
- Ford, D. e Sterman, J. "*Dynamic modeling of product development processes*" *System Dynamics Review* vol. 14 no. 1, 1998
- Ford, D. e Sterman, J. "*The Liar's Club: Impacts of Concealment in Concurrent Development Projects.*" *Concurrent Engineering Research and Applications* 2003
- Forrester, J. W. "The beginning of system dynamics." *The McKinsey Quarterly*, EUA:McKinsey, 1995.
- Frame, J. Davidson "Managing projects in organizations: how to make the best use of time, techniques, and people." San Francisco: Jossey-Bass, 1999.
- Gomes, Wagner O. "Gestão de Projetos: Proposta de Modelo para Implantação em Organização Híbrida com Estrutura Matricial Leve" UNICAMP, Campinas 2004
- Griffin A. e Page A. "An interim report n measuring product development success and failure" *Journal product innovation management* 10, 1993
- Griffin A. e Page A. "PDMA Success measuring project: recommended measures for product development success and failure" *Journal product innovation management* 13, 1996
- Janamanchi B. "Project dynamics with applications to change management and earned value tracking" Texas University 2004
- Joia L. A. "Measuring intangible corporate assets: Linking business strategy with intellectual capital" *Journal of Intellectual Capital* vol.1 no. 1, 2000
- Joia L. A. "Uso do capital intelectual para avaliação de projetos de tecnologia educacional: o caso Proinfo" *RAP* 35 2001

Kawashima M. “Telecom value chain dynamics and carriers strategies in converged networks” Tese de Mestrado, Massachusetts Institute of Technology, Junho 2002

Keeling, Ralph. “Gestão de projetos: uma abordagem global” São Paulo: Saraiva, 2002.

Langos, G. “An assessment of new broadband wireless technologies and their impact on adoption strategies for the dominant providers” Tese de Mestrado , Massachusetts Institute of Technology, Setembro 2003

Lipovetsky S., Tishler A. e Shenar A. “Identifying Critical Success Factors in Defense Development Projects: A Multivariate Analysis”, Elsevier Science 1996

Martins, Sérgio; Siqueira, Viviane “A Gestão de projetos como instrumento de planejamento e comunicação em pequenas empresas: um estudo no setor metalúrgico” PUC-Minas 2003.

Ning X., Wang Q. e Wu B. “The influence of schedule target on project performance” Shanghai University, China 2004

PMI, “PMBok – Project Management Book of Knowledge” 3a Edição, 2004

Prado, Darci S. “Gerenciamento de projetos nas organizações.” Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento Gerencial, 2003

Radzicki, M. J. “Introduction to System Dynamics: A Systems Approach to Understanding Complex Policy Issues (Version 1.0).” EUA: Sustainable Solutions, Inc., 1997.

Raz T., Shenar A., e Dvir D “Risk management, project success, and technological uncertainty” R&D Management 32, 2002

Repenning, N., Gonçalves P. e Black L. “Past the tipping point: the persistence of firefighting in product development” California Management Review vol 43 no. 4, 2001

Repenning, N.. “*Understanding fire fighting in new product development.*”, Journal of Product Innovation Management.” 2001

Rodrigues A. “The application of system dynamics to project management, an integrated methodology (SYDPIM), Dissertação de Doutorado, University of Strathclyde Julho 2000

Rodrigues A. e Bowers J. “The role of system dynamics in project management” International Journal of Project Management vol 14 no. 4, 1996

Rodrigues, A. G. “The Application of System Dynamics to Project Management an Integrated Methodology” Glasgow, United Kingdom, 2000

- Salazar P. "System dynamics projects presented by poster: product and process synthesis" ITESM Monterrey 2004
- Santos J., Serrano N. e Sarriegi J. "Dynamic aspects of an ERP implementation project" TECNUN 2004
- Shapira, G. "System dynamics simulation of the Telecom Industry" Tese de Mestrado, Massachusetts Institute of Technology, Junho 2004
- Shenar A., Laufer A. e Denker G. "Simultaneous Management: the key to excellence in capital projects", International Journal in Project Management Vol 14. No. 4, 1996
- Shenar A., Levy O. e Dvir D. "Mapping the dimensions of Project Success" Project Management Journal Junho 1997
- Shenar A., Levy O., Dvir D e Maltz A. "Project Success: A Multidimensional Strategic Concept" Long Range Plannig Journal 34, 2001
- Sterman J. "All models are wrong: reflections on becoming a systems scientist" Jay Wright Forrester Prize Lecture, 2002
- Sterman, J.S. "*Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World.*" Irwin McGraw-Hill, New York. 2000
- Taylor, T., Ford D. e Johnson S. "*Why Good Projects Go Bad: Managing Development Projects near Tipping Points*", 2003
- Thomke S. e Fujimoto T. "The effect of front-loading problem solving on product development performance" Journal product innovation management 17, 2000
- Vargas, Ricardo Viana. "Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos." Rio de Janeiro: Brasport, 2002a.
- Walewski J. e Gibson G., "International Project Risk Assessment: Methods, Procedures and Critical Factors" Center Construction Industry Studies, Setembro 2003



## **Apêndice A – Resumo processos segundo áreas de conhecimento PMBOK (2004)**

### **Gerenciamento de integração do projeto**

O gerenciamento de integração do projeto inclui os processos e as atividades necessárias para identificar, definir, combinar, unificar e coordenar os diversos processos e atividades de gerenciamento de projetos dentro dos grupos de processos de gerenciamento de projetos. No contexto do gerenciamento de projetos, a integração inclui características de unificação, consolidação, articulação e ações integradoras que são essenciais para o término do projeto, para atender com sucesso às necessidades do cliente e das partes interessadas e para gerenciar as expectativas. Os processos de gerenciamento de integração do projeto incluem:

- Desenvolver o termo de abertura do projeto – desenvolvimento do termo de abertura do projeto que autoriza formalmente um projeto
- Desenvolver a declaração do escopo preliminar do projeto – desenvolvimento da declaração do escopo preliminar do projeto que fornece uma descrição de alto nível do escopo
- Desenvolver o plano de gerenciamento do projeto – documentação das ações necessárias para definir, preparar, integrar e coordenar todos os planos auxiliares em um plano de gerenciamento do projeto
- Orientar e gerenciar a execução do projeto – execução do trabalho definido no plano de gerenciamento do projeto para atingir os requisitos do projeto definidos na declaração do escopo do projeto
- Monitorar e controlar o trabalho do projeto – monitoramento e controle dos processos necessários para iniciar, planejar, executar e encerrar um projeto para atender aos objetivos de desempenho definidos no plano de gerenciamento do
- Controle integrado de mudanças – revisão de todas as solicitações de mudança, aprovação de mudanças e controle de mudanças nas entregas e nos ativos de processos organizacionais

- Encerrar o projeto – finalização de todas as atividades entre todos os grupos de processos do projeto para encerrar formalmente o projeto.

### **Gerenciamento do escopo do projeto**

O gerenciamento do escopo do projeto inclui os processos necessários para garantir que o projeto inclua todo o trabalho necessário, e somente ele, para terminar o projeto com sucesso. O gerenciamento do escopo do projeto trata principalmente da definição e controle do que está e do que não está incluído no projeto. Os processos de gerenciamento do escopo do projeto incluem:

- Planejamento do escopo - criação de um plano de gerenciamento do escopo do projeto que documenta como o escopo do projeto será definido, verificado e controlado e como a estrutura analítica do projeto (EAP) será criada e definida
- Definição do escopo - desenvolvimento de uma declaração do escopo detalhada do projeto como a base para futuras decisões do projeto
- Criar EAP - subdivisão das principais entregas do projeto e do trabalho do projeto em componentes menores e mais facilmente gerenciáveis
- Verificação do escopo - formalização da aceitação das entregas do projeto terminadas
- Controle do escopo - controle das mudanças no escopo do projeto.

### **Gerenciamento de tempo do projeto**

O gerenciamento de tempo do projeto inclui os processos necessários para realizar o término do projeto no prazo. Os processos de gerenciamento de tempo do projeto incluem:

- Definição da atividade - identificação das atividades específicas do cronograma que precisam ser realizadas para produzir as várias entregas do projeto
- Seqüenciamento de atividades - identificação e documentação das dependências entre as atividades do cronograma
- Estimativa de recursos da atividade - estimativa do tipo e das quantidades de recursos necessários para realizar cada atividade do cronograma
- Estimativa de duração da atividade - estimativa do número de períodos de trabalho que serão necessários para terminar as atividades individuais do cronograma
- Desenvolvimento do cronograma - análise dos recursos necessários, restrições do cronograma, durações e seqüências de atividades para criar o cronograma do projeto

- Controle do cronograma - controle das mudanças no cronograma do projeto.

### **Gerenciamento de custos do projeto**

O gerenciamento de custos do projeto inclui os processos envolvidos em planejamento, estimativa, orçamentação e controle de custos, de modo que seja possível terminar o projeto dentro do orçamento aprovado. Os processos de gerenciamento de custos do projeto incluem:

- Estimativa de custos - desenvolvimento de uma aproximação dos custos dos recursos necessários para terminar as atividades do projeto
- Orçamentação - agregação dos custos estimados de atividades individuais ou pacotes de trabalho para estabelecer uma linha de base dos custos
- Controle de custos - controle dos fatores que criam as variações de custos e controle das mudanças no orçamento do projeto.

### **Gerenciamento da qualidade do projeto**

O gerenciamento da qualidade do projeto inclui os processos e as atividades da organização executora que determinam as responsabilidades, os objetivos e as políticas de qualidade, de modo que o projeto atenda às necessidades que motivaram sua realização. Ele implementa o sistema de gerenciamento da qualidade através da política e dos procedimentos, com atividades de melhoria contínua dos processos conduzidas do início ao fim, conforme adequado. Os processos de gerenciamento da qualidade do projeto incluem:

- Planejamento da qualidade - identificação dos padrões de qualidade relevantes para o projeto e determinação de como satisfazê-los
- Realizar a garantia da qualidade - aplicação das atividades de qualidade planejadas e sistemáticas para garantir que o projeto emprega todos os processos necessários para atender aos requisitos.
- Realizar o controle da qualidade - monitoramento de resultados específicos do projeto a fim de determinar se eles estão de acordo com os padrões relevantes de qualidade e identificação de maneiras de eliminar as causas de um desempenho insatisfatório.

### **Gerenciamento de recursos humanos do projeto**

O gerenciamento de recursos humanos do projeto inclui os processos que organizam e gerenciam a equipe do projeto. A equipe do projeto é composta de pessoas com funções e

responsabilidades atribuídas para o término do projeto. Embora seja comum falar-se de funções e responsabilidades atribuídas, os membros da equipe devem estar envolvidos em grande parte do planejamento e da tomada de decisões do projeto. O envolvimento dos membros da equipe desde o início acrescenta especialização durante o processo de planejamento e fortalece o compromisso com o projeto. O tipo e o número de membros da equipe do projeto muitas vezes podem mudar conforme o projeto se desenvolve. Os membros da equipe do projeto podem ser chamados de pessoal do projeto. Os processos de gerenciamento de recursos humanos do projeto incluem:

- Planejamento de recursos humanos - identificação e documentação de funções, responsabilidades e relações hierárquicas do projeto, além da criação do plano de gerenciamento de pessoal
- Contratar ou mobilizar a equipe do projeto - obtenção dos recursos humanos necessários para terminar o projeto
- Desenvolver a equipe do projeto - melhoria de competências e interação de membros da equipe para aprimorar o desempenho do projeto
- Gerenciar a equipe do projeto - acompanhamento do desempenho de membros da equipe, fornecimento de feedback, resolução de problemas e coordenação de mudanças para melhorar o desempenho do projeto.

### **Gerenciamento das comunicações do projeto**

O gerenciamento das comunicações do projeto inclui os processos necessários para garantir a geração, coleta, distribuição, armazenamento, recuperação e destinação final das informações sobre o projeto de forma oportuna e adequada. Os processos de gerenciamento das comunicações do projeto fornecem as ligações críticas entre pessoas e informações que são necessárias para comunicações bem-sucedidas. Os gerentes de projetos podem gastar um tempo excessivo na comunicação com a equipe do projeto, partes interessadas, cliente e patrocinador. Todos os envolvidos no projeto devem entender como as comunicações afetam o projeto como um todo. Os processos de gerenciamento das comunicações do projeto incluem:

- Planejamento das comunicações - determinação das necessidades de informações e comunicações das partes interessadas no projeto
- Distribuição das informações - colocação das informações necessárias à disposição das partes interessadas no projeto no momento oportuno

- Relatório de desempenho - coleta e distribuição das informações sobre o desempenho, inclusive relatório de andamento, medição do progresso e previsão
- Gerenciar as partes interessadas - gerenciamento das comunicações para satisfazer os requisitos das partes interessadas no projeto e resolver problemas com elas.

### **Gerenciamento de riscos do projeto**

O gerenciamento de riscos do projeto inclui os processos que tratam da realização de identificação, análise, respostas, monitoramento e controle, e planejamento do gerenciamento de riscos em um projeto. Os objetivos do gerenciamento de riscos do projeto são aumentar a probabilidade e o impacto dos eventos positivos e diminuir a probabilidade e o impacto dos eventos adversos nos objetivos do projeto. Os processos de gerenciamento de riscos do projeto incluem:

- Planejamento do gerenciamento de riscos - decisão de como abordar, planejar e executar as atividades de gerenciamento de riscos de um projeto
- Identificação de riscos - determinação dos riscos que podem afetar o projeto e documentação de suas características
- Análise qualitativa de riscos - priorização dos riscos para análise ou ação adicional subsequente através de avaliação e combinação de sua probabilidade de ocorrência e impacto
- Análise quantitativa de riscos - análise numérica do efeito dos riscos identificados nos objetivos gerais do projeto
- Planejamento de respostas a riscos - desenvolvimento de opções e ações para aumentar as oportunidades e reduzir as ameaças aos objetivos do projeto
- Monitoramento e controle de riscos - acompanhamento dos riscos identificados, monitoramento dos riscos residuais, identificação dos novos riscos, execução de planos de respostas a riscos e avaliação da sua eficácia durante todo o ciclo de vida do projeto.

### **Gerenciamento de aquisições do projeto**

O gerenciamento de aquisições do projeto inclui os processos para comprar ou adquirir os produtos, serviços ou resultados necessários de fora da equipe do projeto para realizar o trabalho. Este capítulo apresenta duas perspectivas de aquisição. A organização pode ser o comprador ou o

fornecedor do produto, serviço ou resultados sob um contrato. O gerenciamento de aquisições do projeto inclui os processos de gerenciamento de contratos e de controle de mudanças necessários para administrar os contratos ou pedidos de compra emitidos por membros da equipe do projeto autorizados. O gerenciamento de aquisições do projeto também inclui a administração de qualquer contrato emitido por uma organização externa (o comprador) que está adquirindo o projeto da organização executora (o fornecedor) e a administração de obrigações contratuais estabelecidas para a equipe do projeto pelo contrato. Os processos de gerenciamento de aquisições do projeto incluem:

- Planejar compras e aquisições - determinação do que comprar ou adquirir e de quando e como fazer isso
- Planejar contratações - documentação dos requisitos de produtos, serviços e resultados, e identificação de possíveis fornecedores
- Solicitar respostas de fornecedores - obtenção de informações, cotações, preços, ofertas ou propostas, conforme adequado
- Selecionar fornecedores - análise de ofertas, escolha entre possíveis fornecedores e negociação de um contrato por escrito com um fornecedor.
- Administração de contrato - gerenciamento do contrato e da relação entre o comprador e o fornecedor, análise e documentação do desempenho atual ou passado de um fornecedor a fim de estabelecer ações corretivas necessárias e fornecer uma base para futuras relações com o fornecedor, gerenciamento de mudanças relacionadas ao contrato e, quando adequado, gerenciamento da relação contratual com o comprador externo do projeto
- Encerramento do contrato - término e liquidação de cada contrato, inclusive a resolução de quaisquer itens em aberto e o encerramento de cada contrato.

## **Apêndice B - Metodologia de Projetos da empresa em Estudo**

O ambiente de gerenciamento da empresa em estudo incorporou em sua metodologia: a avaliação dos indicadores e das metas de resultados dos projetos, o processo para gerenciamento de riscos e o registro de lições aprendidas durante todo o ciclo de vida do projeto. O ambiente de

projetos da Empresa em estudo está intimamente relacionado com a metodologia utilizada no PMI, em seu PMBOK 3ª Edição (Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos, publicado pelo Project Management Institute), que propõe um conjunto de processos e documentos reconhecidos como as melhores práticas para gerenciar projetos, desde a sua concepção até o seu fechamento.

A empresa já vem evoluindo em sua metodologia desde 2003. Com o passar do tempo e da aplicação da metodologia, a mesma sofreu revisões, objetivando implementar melhorias na sua utilização prática, que surgiram em decorrência da experiência adquirida desde a sua implantação.

Os objetivos da metodologia

Ser o documento de referência de gerenciamento dos projetos da Empresa em estudo por meio de:

- Uniformização de conceitos, métodos e práticas de gerenciamento de projetos na organização;
- Disponibilização de modelos e ferramentas para formalização e divulgação das informações do projeto;
- Definição de procedimentos para o acompanhamento e o reporte dos projetos e dos programas.

## **Conceitos Básicos**

### **O que é um projeto dentro da empresa em estudo?**

“Um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo.” (PMBOK 3ª Edição)

“Um processo único, consistindo de um grupo de atividades coordenadas e controladas com datas para início e término, empreendido para alcance de um objetivo conforme requisitos específicos, incluindo limitações de tempo, custo e recursos.” (ISO 10006)

Os projetos são normalmente autorizados para contribuir no resultado de uma ou mais diretrizes estratégicas da organização. Estas podem ser uma demanda para novos produtos ou

serviços, excelência operacional, agilidade na competição, solicitação de um cliente, avanço tecnológico ou requisito legal.

As principais características dos projetos são: (1) temporários, possuindo um início e um fim definidos, (2) planejados, executados e controlados, (3) entregam produtos, serviços ou resultados exclusivos, (4) desenvolvidos em etapas, (5) realizados por pessoas e (6) com recursos limitados.

### **Grupos de processos de Gerenciamento de Projetos**

Os processos de gerenciamento de projetos podem ser reunidos em cinco grupos, de acordo com o PMI, conforme segue:

- **Processos de Iniciação:** Reconhecem formalmente e autorizam o início de um projeto ou de uma fase. Definem o comprometimento da organização para a realização do projeto.
- **Processos de Planejamento :** Definem e refinam os objetivos e as escolhas das melhores alternativas de ação para atingir os objetivos propostos pelo projeto.
- **Processos de Execução:** São responsáveis pela coordenação das pessoas e dos outros recursos para realizar o que foi planejado.
- **Processos de Monitoramento e Controle:** Servem para garantir que os objetivos do projeto sejam atingidos, por meio da monitoração freqüente do progresso, identificando alterações no que foi planejado. Caso essas alterações ocorram, ações proativas e corretivas são tomadas.
- **Processos de Encerramento:** Têm a função de formalizar a aceitação do projeto ou da fase e encerrá-lo organizadamente.

Os processos são interligados por meio dos resultados que cada um produz. Além disso, os grupos de processos não podem ser vistos de forma separada ou descontínua e podem ocorrer mais de uma vez durante o ciclo de vida do projeto.

### **Partes Interessadas**

As pessoas, os grupos de pessoas e as organizações que estão envolvidas no projeto ou cujos interesses possam ser afetados de forma positiva ou negativa como resultado da execução do projeto são chamadas de partes interessadas (stakeholders). Eles podem também exercer



influência sobre o projeto e seus resultados. A equipe de gerenciamento do projeto deve identificar as partes interessadas, determinar suas necessidades e então gerenciar e influenciar tais necessidades, a fim de assegurar um projeto bem-sucedido.

As partes interessadas têm diversos níveis de responsabilidade e de autoridade sobre um projeto, os quais podem mudar durante o ciclo de vida deste.

As principais partes interessadas são:

- Patrocinador: Estabelece objetivos e prioridades, aprova o planejamento e arbitra conflitos. Normalmente é o provedor do orçamento.
- Gerente Funcional: Provê recursos e equilibra necessidades e prioridades de múltiplos projetos.
- Líder de Projeto: Estrutura e planeja o projeto, aloca os recursos e faz o projeto acontecer conforme o planejado. Coordena os trabalhos e propõe ações corretivas para alcance dos resultados.
- Equipe de Projeto: Executa as atividades do projeto de acordo com o cronograma e com as atribuições da Matriz de Responsabilidades do projeto.
- Cliente/usuário: Pessoa ou organização que utilizará o produto, serviço ou resultado do projeto. É o árbitro para o sucesso ou fracasso deste.

### **Principais Causas de Fracasso em Projetos**

Mesmo com a grande quantidade de benefícios gerados pelos projetos, boa parte deles falha ou não atinge os resultados esperados. Diversas falhas são decorrentes de obstáculos naturais/externos, que estão completamente fora do controle da organização e que, muitas vezes, somente podem ser minimizados ou evitados utilizando um gerenciamento de riscos eficiente. Entretanto, a maioria dos insucessos é decorrente de outros tipos de falhas, também chamadas falhas gerenciais, que podem perfeitamente ser evitadas, tais como:

- As metas e os objetivos são mal estabelecidos ou não são compreendidos pelos escalões inferiores;
- Há pouca compreensão da complexidade do projeto;

- O projeto inclui muitas atividades e pouco tempo para realizá-las;
- A equipe do projeto não participou da elaboração do cronograma;
- A duração das atividades não foi negociada com os responsáveis;
- Detalhamento pobre do escopo do projeto, não refletindo todo o trabalho necessário para a sua execução;
- As estimativas financeiras são pobres e incompletas;
- O projeto é baseado em dados insuficientes ou inadequados;
- O projeto não teve um líder, ou teve vários, criando círculos de poder paralelos aos previamente estabelecidos;
- O projeto foi estimado com base em experiência empírica, deixando em segundo plano os dados históricos de projetos similares, ou até mesmo análises estatísticas efetuadas;
- Falha na integração dos elementos-chave do escopo do projeto;
- A equipe do projeto não estava trabalhando nos mesmos padrões, ou os padrões de trabalho não foram estabelecidos.

### **Escritório de Projetos**

O Escritório de Projetos é uma estrutura organizacional que centraliza as informações, apóia o planejamento e a estruturação do cronograma, faz o acompanhamento e controla o desenvolvimento de um conjunto de projetos mantendo informada a alta gerência sobre o andamento e as criticidades destes. É considerado o centro de excelência em gerenciamento de projetos que dá suporte em metodologias, políticas, padrões, ferramentas, métricas e treinamento aos líderes de projeto.

Principais objetivos do Escritório de Projetos:

- Garantir o atendimento dos projetos à estratégia da empresa;
- Integrar os projetos e distribuir informações;
- Capacitar às partes interessadas nos projetos em ferramentas e na metodologia;
- Avaliar o desempenho dos projetos;

- Manter e divulgar a metodologia de projetos da organização;
- Administrar as ferramentas de projeto;
- Elaborar relatório consolidado dos projetos;
- Apoiar os líderes de projetos.

### **Líder de Projetos**

É o responsável pelo gerenciamento do projeto e pela integração de todas as atividades e partes interessadas nele. Deve entender o projeto como um todo, o que lhe confere visão global e sistêmica, muito importante na tomada de decisão. Para fazer face ao desafio de implementar um projeto, o líder deve, além de estar habilitado, maximizar a sua capacidade criativa. Faz parte da sua habilitação ter experiências anteriores em projetos equivalentes ou compatíveis com as necessidades.

Características desejáveis para um líder de projeto:

- Forte comprometimento com o projeto;
- Consciência dos objetivos da organização para com o projeto;
- Consciência dos custos e dos benefícios previstos para o projeto;
- Capacidade de trabalhar em equipe;
- Auto-motivação e capacidade para motivar;
- Habilidades de negociação;
- Orientação a resultados;
- Organização e disciplina;
- Capacidade de lidar com ambigüidades, transtornos e desapontamentos.

### **Ciclo de Vida do Projeto**

Os projetos podem ser divididos em fases para um melhor controle gerencial. O conjunto dessas fases é conhecido como o Ciclo de Vida do Projeto. As fases do projeto são apresentadas, geralmente, em ordem seqüencial de execução.

## Fases do Projeto

A metodologia de gerenciamento em projetos propõe a divisão do projeto em quatro fases: Conceituação, Detalhamento, Implementação e Fechamento.



- **Conceituação:** É a fase inicial do projeto. Nela, o objetivo, os riscos iniciais, os benefícios e as metas do projeto são definidos, bem como a identificação e a seleção das melhores estratégias para a sua implementação.
- **Detalhamento:** É a fase caracterizada pelo detalhamento de tudo que será realizado pelo projeto, incluindo cronogramas, interdependências entre atividades, alocação de recursos envolvidos, análise de custos etc.
- **Implementação:** É a fase que materializa tudo que foi planejado na fase anterior, detalhamento. Erros cometidos nas fases precedentes serão evidenciados durante esta fase. Grande parte do orçamento e do esforço do projeto é consumida nesta fase.
- **Fechamento:** Nesta fase é realizada a avaliação da execução do projeto. Os documentos são atualizados e as atividades, encerradas. As falhas ocorridas são discutidas e analisadas para que erros similares não ocorram em novos projetos (lições aprendidas).

A implementação dessas fases pode envolver atividades próprias nas diferentes áreas da organização. Por exemplo, para os projetos de desenvolvimento de produtos, os benefícios dos projetos, previstos na fase de conceituação, são avaliados a partir da Análise de Viabilidade.

A transição de uma fase para outra dentro do ciclo de vida do projeto geralmente envolve a aprovação de uma ou mais “entregas”. Por exemplo, ao final da fase de detalhamento, o líder do projeto deve apresentar o Plano Geral do Projeto como produto final da fase.

Uma “entrega” é o resultado mensurável e verificável do trabalho, como uma especificação, um relatório de estudo de viabilidade ou um descritivo de projeto detalhado. Algumas entregas podem corresponder ao processo de gerenciamento de projetos, enquanto outras são os produtos finais ou componentes dos produtos finais para os quais o projeto foi concebido. As entregas são, portanto, subprodutos das fases que fazem parte de um processo

geralmente seqüencial criado para garantir o controle adequado do projeto e conseguir o produto ou serviço desejado, que é o objetivo do projeto.

### Aplicação da Metodologia

A existência de uma metodologia de gerenciamento de projetos não significa que ela deva ser totalmente aplicada em todos os projetos da organização. Sua aplicação dependerá da tipicidade e da complexidade do projeto. Deverá estar claro para os gestores de projetos que documentos da metodologia devem ser elaborados para o projeto, de acordo com sua categorização (complexidade X prioridade), definidos no processo interno do Escritório de Projetos. O Escritório de Projetos tem a função de auxiliar na definição dos documentos necessários ao projeto. A fim de auxiliar na documentação exigida para o projeto, segue na tabela abaixo:

Documentos	Fases da Implantação de Projetos			
	Conceituação	Detalhamento	Implementação	Fechamento
Descritivo do Projeto	X			
Atas da Reunião	X	X	X	X
Registro de Riscos do Projeto	X	X	X	X
Indicadores e Metas de Resultado do Produto do Projeto	X			X
Matriz de Responsabilidades		X	X	
Plano de Comunicação		X	X	
Plano Geral do Projeto		X	X	
Roteiro para Reunião de <i>Kick-off</i>		X		
Relatório de Acompanhamento de Projeto			X	X
Termo de Requisição de Mudança			X	X
Termo de Transferência para Operação				X
Termo de Encerramento do Projeto				X
Sumário Executivo	X	X	X	X
Painel de Acompanhamento de Projetos	X	X	X	X
Registro de Lições Aprendidas	X	X	X	X

**Tabela A1: Documentos de Suporte segundo metodologia Empresa em estudo**

## **Fase de Conceituação**

A fase de conceituação tem foco na definição do escopo e na identificação dos riscos que possam inviabilizar a implementação, os benefícios e as metas do projeto. Esta fase é a mais importante tanto em projetos novos como em projetos de melhoria de sistemas já existentes. Contudo, o foco é sempre a garantia de que o projeto é viável e vale a pena ser implementado. Alguns dos principais objetivos desta fase são:

- Definição do escopo, do não-escopo, das justificativas, dos objetivos, das premissas e das restrições do projeto, bem como dos projetos inter-relacionados a ele;
- Mapeamento inicial de riscos;
- Definição dos indicadores e das metas de resultado do produto do projeto.

Nesta fase devem ser elaborados os seguintes documentos:



Os documentos elaborados devem ser aprovados pelo patrocinador do projeto e avaliados pelo Escritório de Projetos.

### Descritivo do Projeto

É o documento que fornece as informações iniciais do projeto. São objetivos do descritivo:

- Formalizar a existência do projeto;
- Unificar e conciliar as visões das áreas envolvidas, facilitando o entendimento do projeto;
- Apresentar informações sobre o projeto, como justificativas, objetivos, produtos, prazo, orçamento etc.

O descritivo deverá ser elaborado pelo líder do projeto e divulgado para as partes envolvidas, devendo conter as seguintes informações:

- **Justificativa do Projeto:** Razão ou necessidade pela qual o projeto precisa ser implementado.
- **Objetivo do Projeto:** Produto, serviço ou resultado que se pretende gerar com a realização do projeto. Na medida do possível deverão ser informados objetivos tangíveis. Os objetivos devem ser específicos, mensuráveis e realistas, com um prazo estimado para alcançá-los.
- **Fora do Escopo:** Serve para alinhar as expectativas das partes interessadas, pois delimita as etapas e as entregas que não serão executadas pelo projeto.
- **Premissas:** Fatores assumidos como verdadeiros pelo projeto. Todas as premissas envolvem certo grau de risco. Ex.: existe no mercado a tecnologia necessária para o desenvolvimento do produto.
- **Restrições:** Os fatores que restringem o projeto em relação ao seu prazo, à qualidade da sua execução, à qualidade do produto gerado por ele, à locação dos recursos necessários para execução das atividades e/ou ao seu custo.
- **Projetos Inter-relacionados:** É importante que o líder pesquise na organização os projetos que estão ou estarão em execução que podem impactar seu projeto ou ser impactados por ele.
- **Responsabilidades das Áreas Envolvidas:** Descrição dos compromissos firmados com as áreas participantes durante o ciclo de vida do projeto.
- **Orçamento Previsto:** Descrever o orçamento necessário para a execução do projeto. Detalhar o orçamento em termos de CAPEX e OPEX.

O descritivo do projeto serve de guia para o trabalho do líder do projeto. Contém informações sobre estimativas iniciais de prazos, áreas envolvidas e orçamento disponível para o projeto.

### **Registro de Riscos do Projeto**

Neste documento deve ser descrita uma visão inicial dos riscos identificados que podem impactar o projeto.

O risco do projeto é um evento ou condição incerta que, se ocorrer, terá um efeito positivo ou negativo sobre pelos menos um objetivo do projeto, afetando o tempo, o custo, o escopo ou a qualidade.

A identificação de riscos é um processo iterativo porque novos riscos podem ser conhecidos conforme o projeto se desenvolve durante todo o seu ciclo de vida. Para maiores detalhes, ver o capítulo referente ao Processo de Gerenciamento de Riscos do Projeto.

### **Indicadores de Metas e Resultados do Projeto**

Este documento deve apresentar a descrição do que se espera alcançar em termos quantitativos e/ou qualitativos após a finalização do projeto. O conjunto de resultados deve ser necessário e suficiente para o alcance dos objetivos do projeto, que será medido e acompanhado pelo Escritório de Projetos no seu decorrer e após a sua implementação.

Para criar um indicador, recomenda-se observar os seguintes critérios: seletividade ou importância, simplicidade e clareza, abrangência, rastreabilidade e acessibilidade, comparabilidade, estabilidade e rapidez de disponibilidade e baixo custo de obtenção.

Após a geração de um indicador, atribui-se uma meta, que consiste na determinação de um valor pretendido ao indicador em determinadas condições. Essa meta deve estar relacionada diretamente às estratégias da organização. Para sucesso na criação dos indicadores, faz-se necessário o desdobramento até o nível operacional, visando a proporcionar um maior controle no processo de acompanhamento das metas.

Ao definir uma meta deve ser questionado: O que é esperado pelo projeto? Para que é esperado? Quanto é esperado? Como deverá ser medido? Quem deverá ser informado?

Cada objetivo específico do projeto deve ter uma ou mais metas. Quanto mais bem dimensionada estiver uma meta, mais fácil será definir os indicadores que permitirão evidenciar seu alcance. Exemplo: reduzir em 25% o índice de churn voluntário da fixa até dezembro de 2008.

O acompanhamento dos indicadores e das metas pode ocorrer por comparações internas ou externas, observando-se a correlação e as relações de causas e efeitos entre estes.

### **Fase de Detalhamento**

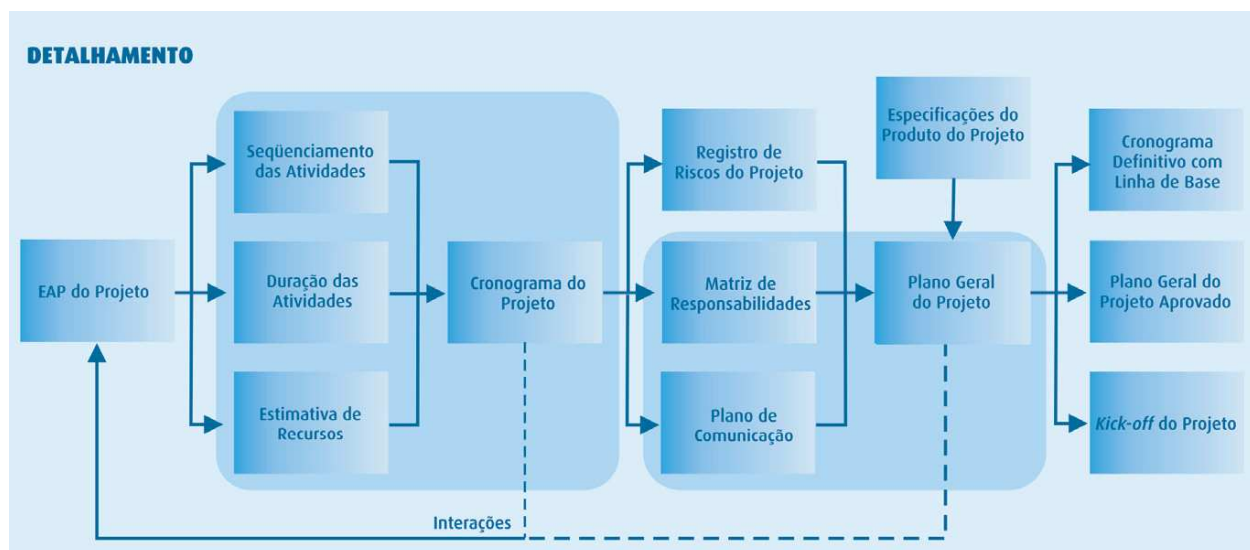


Nesta fase deve ser elaborado o detalhamento de tudo que será realizado pelo projeto, incluindo cronogramas, interdependências entre atividades, alocação de recursos envolvidos, análise de custos etc. Ao término desta fase o projeto deve estar suficientemente detalhado para ser executado sem dificuldades ou imprevistos. Nesta fase o plano geral do projeto deve ser elaborado incluindo planos auxiliares de comunicação, matriz de responsabilidades, registro de riscos e especificações do produto do projeto.

A fase de detalhamento tem como objetivo principal definir e controlar as atividades a serem realizadas pelo projeto de modo a garantir que o produto desejado seja obtido sem abandonar nenhuma premissa estabelecida no objetivo e no escopo do projeto e que este seja concluído dentro do prazo determinado.

Durante a fase de detalhamento o líder do projeto deve envolver as partes interessadas, pois elas têm habilidades e conhecimento que podem ser aproveitados no desenvolvimento do plano geral e dos planos auxiliares. Um projeto de sucesso começa pelo comprometimento entre as partes interessadas no sentido de trabalharem em prol de um objetivo comum.

A FIG. A1 apresenta o macrofluxo das atividades da fase de detalhamento do projeto:



**Figura A1 – Macrofluxo da Fase de Detalhamento**

Nesta fase devem ser elaborados os seguintes produtos:

- Estrutura Analítica do Projeto – EAP
- Cronograma do Projeto

- Registro de Riscos do Projeto
- Matriz de Responsabilidades
- Plano de Comunicação
- Especificações do Produto do Projeto
- Plano Geral do Projeto
- Ata de Reunião de Kick-off

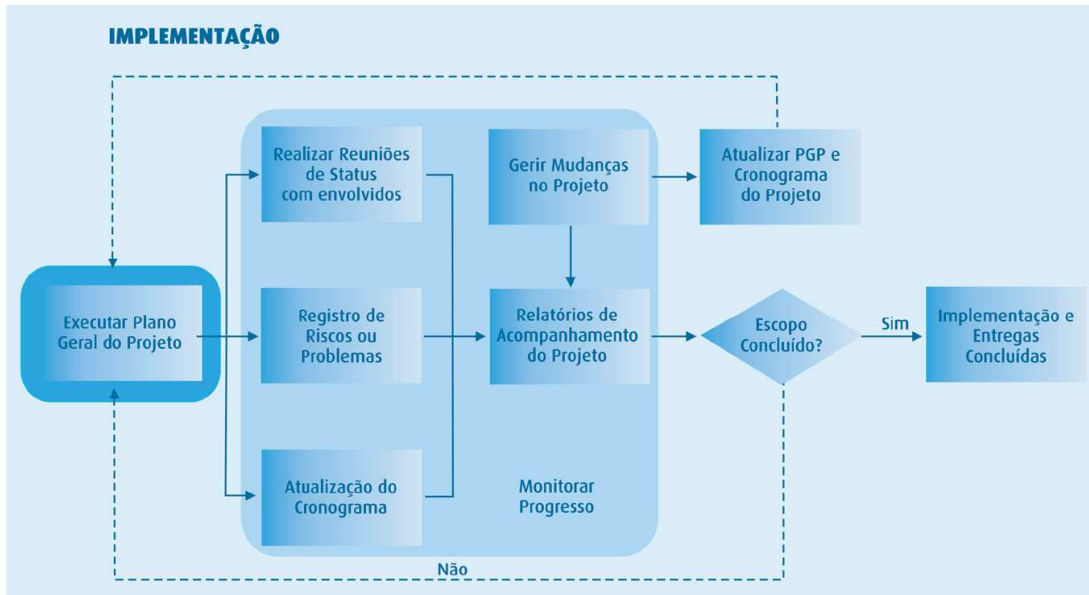
Os documentos elaborados devem ser validados pelos envolvidos, aprovados pelo patrocinador do projeto e avaliados pelo Escritório de Projetos.

Ao término desta fase, com o Plano Geral do Projeto aprovado, é que a linha de base do projeto é salva.

### **Fase de Implementação**

A fase de implementação tem como objetivo fazer com que a equipe execute o plano geral do projeto, tornando real tudo o que foi planejado na fase de detalhamento. O líder, em conjunto com a equipe, deve orientar o desempenho das atividades planejadas do projeto, além de gerenciar seus aspectos internos e externos (fatores endógenos e exógenos).

A fase de implementação consiste no gerenciamento da execução para geração do(s) produto(s) do projeto. A maior parte da equipe e dos recursos estará dedicada a esta fase, que será concluída após todas as atividades planejadas para o projeto terem sido entregues. Cabe ressaltar que isso é o desejado pela equipe de projeto, entretanto o projeto adquire uma característica dinâmica o qual será analisada nos capítulos seguintes.



**Figura A2 – Macrofluxo da Fase de Implementação**

A monitoração do progresso do projeto visa a verificar se os objetivos estão sendo atingidos, se existem variações em relação ao planejado e se há necessidade de tomada de ações corretivas e preventivas. Esse controle deverá acontecer durante todas as fases do projeto, por meio de relatórios de acompanhamento, reunião de status, atualização do cronograma, requisições de mudanças e atualização dos riscos.

A atualização do cronograma deverá ser realizada periodicamente, para identificar atividades que estão fora do prazo previsto e para tomada de ações corretivas ou preventivas, caso necessário.

Principais ações durante esta fase:

- Executar as atividades para realizar os objetivos do projeto;
- Usar recursos financeiros para realizar os objetivos do projeto;
- Implementar as normas e os métodos planejados;
- Criar, controlar, verificar e validar as entregas do projeto;
- Gerenciar os riscos e implementar as ações de respostas a riscos;
- Adaptar as mudanças aprovadas ao escopo, aos planos e ao ambiente do projeto;

- Estabelecer e gerenciar os canais de comunicação do projeto, tanto externos como internos à sua equipe;
- Coletar os dados do projeto e relatar custo, cronograma, progresso técnico e da qualidade e informações sobre o seu andamento;
- Coletar e documentar as lições aprendidas e implementar as atividades de melhorias nos processos aprovadas.

A fase de implementação do projeto também exige aplicação e controle de:

- Ações corretivas aprovadas para que o desempenho do projeto fique de acordo com o seu plano geral;
- Ações preventivas aprovadas para reduzir a probabilidade de possíveis conseqüências negativas;
- Solicitações de reparo de defeito aprovadas para corrigir defeitos do produto encontrados pelo processo de qualidade.

Nesta fase devem ser elaborados os seguintes documentos:

- Ata de Reunião de Status
- Registro de Riscos ou Problemas do projeto
- Relatório de Acompanhamento do Projeto – RAP
- Termo de Requisição de Mudanças

Os termos de requisição de mudança deverão ser validados pelo patrocinador do projeto e avaliados pelo Escritório de Projetos, estando sujeitos à aprovação pelo Comitê Operacional ou Executivo.

Após a conclusão de todas as atividades e entregas previstas, o projeto passa para a fase de fechamento.

### **Reuniões de Status**

A reunião de status do projeto é uma importante ferramenta de comunicação que deve ser realizada regularmente com a equipe ao longo da implementação do projeto. Além de integrar a

equipe, representa uma oportunidade para apresentar o andamento do projeto, o relato de status dos riscos, a resolução de problemas ou eventuais desvios, a avaliação do desempenho e a tomada de decisões entre os membros da equipe. Representa também um momento para divulgar as atividades já realizadas, detalhar atividades em andamento e planejar as próximas atividades do projeto.

Após a realização da reunião de status do projeto é necessária a elaboração de uma ata. A ata deve ser distribuída aos participantes da reunião e aos que, apesar de não terem comparecido, são responsáveis por alguma atividade ou sofrerão algum impacto com a implementação de decisões determinadas na reunião.

A periodicidade de realização das reuniões de status deve ser definida no plano de comunicação do projeto.

### **Registro de Riscos ou Problemas**

Os riscos identificados nas fases anteriores devem ser revistos e atualizados. Deve ser verificada a existência de novos riscos que possam impactar o projeto. Para mais detalhes, ver o capítulo referente ao Processo de Gerenciamento de Riscos do Projeto.

Um risco é algo que ainda pode acontecer. Um problema (ou ocorrência) é algo que já aconteceu. Exemplo de problemas:

- Mudança no escopo do projeto;
- Um item foi identificado, mas estava fora da especificação.

Uma vez identificado um risco ou problema é fundamental que estes sejam monitorados e acompanhados, devendo ser registradas as medidas aplicadas para sua resolução, o responsável e a data-limite e, inclusive, se foram sucedidas ou não. Esse acompanhamento aumenta as chances de sucesso do projeto.

### **Relatório de Acompanhamento do Projeto (RAP)**

Relatório de Acompanhamento do Projeto (RAP) é o relatório emitido periodicamente, no máximo mensal, pelo líder do projeto. Sua elaboração envolve a coleta e a disseminação, para as partes interessadas, das informações de desempenho do projeto.

A elaboração do RAP consiste em:

- Atualizar o cronograma;
- Relatar a situação atual do projeto (o que foi realizado e o que não foi);
- Relatar o progresso (comparar o que foi realizado com o planejado);
- Informar quais as entregas realizadas no período ou postergadas;
- Informar os riscos e os problemas aos quais o projeto está sujeito e as respectivas ações necessárias para mitigá-los ou saná-los.

O RAP representa um documento importante para o histórico do projeto, uma vez que por meio dele é possível acompanhar o seu progresso, assim como mudança de escopo, aspectos técnicos, cronograma, esforço, custo, prazo, recursos críticos, conflitos existentes, problemas, riscos e desvios.

### **Gestão de Mudanças do Projeto**

Mudanças nos projetos ocorrem por vários motivos e não necessariamente implicam conseqüências negativas. O importante é gerenciar as mudanças com muita atenção, pois o excesso, ou até mesmo uma única mudança não devidamente avaliada ou controlada, pode causar impacto significativo no cronograma, no custo e na qualidade do projeto.

Qualquer mudança que cause impacto no escopo, no cronograma, no custo ou na qualidade do projeto, ou nos projetos inter-relacionados, deve ser controlada, sendo sujeita à aprovação. É necessária uma avaliação global de todas as atividades impactadas e suas conseqüências para que o projeto não entre em um processo rápido de degeneração e descontrole.

Objetivos da gestão de mudanças do projeto:

- Manter a integridade das linhas de base do projeto;
- Coordenar as mudanças do projeto garantindo que o todo seja beneficiado.

A mudança deverá ser registrada por meio do Termo de Requisição de Mudança, contendo a descrição da mudança, a análise dos seus impactos e se foi aprovada ou não.

Para as mudanças que promovam alteração de escopo ou prazo deverá ser solicitado ao Escritório de Projetos que salve uma nova linha de base para o projeto.

## Fase de Fechamento

O objetivo desta fase é encerrar formalmente e transferir o projeto (produto e/ou serviço) para operação. Esta fase envolve:

- Coordenar as atividades necessárias para verificar e documentar as entregas do projeto;
- Coordenar a aceitação dessas entregas pelo cliente ou patrocinador e interagir para formalizá-la;
- Investigar e documentar as razões de cancelamento de projetos;
- Avaliar os resultados obtidos de modo a confirmar que o projeto reflete as especificações desejadas, analisando o sucesso e a efetividade.

A finalidade da fase é realizar o fechamento do projeto de forma organizada e documentar os resultados e os conhecimentos obtidos pela organização durante a sua implementação.

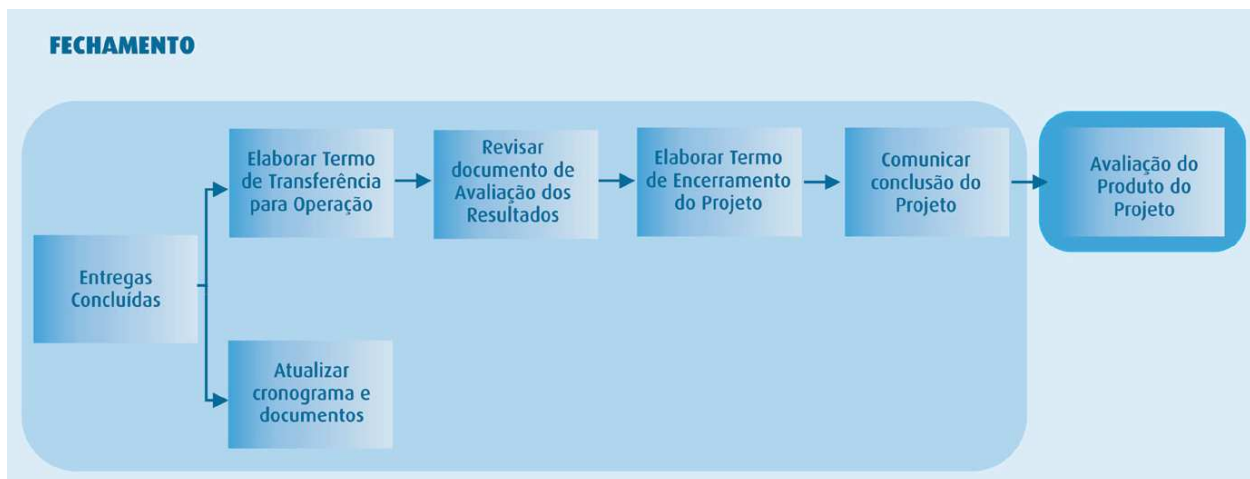


Figura A3 – Macrofluxo da Fase de Fechamento

Documentação necessária para a formalização do fechamento do projeto:

- **Atualização do Cronograma do Projeto:** entrega de todos os produtos do projeto.
- **Atualização da Documentação do Projeto:** documentação resultante das atividades do projeto, como atas de reunião, relatórios de acompanhamento de projeto, especificações técnicas etc.

- **Termo de Transferência para Operação:** documentação formal de transferência do projeto encerrado e seu respectivo produto/entrega para a devida área de operação.
- **Termo de Encerramento do Projeto:** termo formal de fechamento do projeto.
- **Indicadores e Metas de Resultado do Produto do Projeto:** o documento deve ser revisto para que seja iniciado o acompanhamento do desempenho do produto do projeto pela equipe do Escritório de Desempenho.

O Termo de Encerramento e a revisão do documento de Indicadores e Metas de Resultado do Produto do Projeto deverão ser validados pelo patrocinador do projeto e avaliados pelo Escritório de Projetos.

### **Indicadores do Projeto**

Durante o ciclo de vida do projeto, faz-se necessário relatar o seu desempenho, que abrange a obtenção e a análise de informações relacionadas ao avanço e aos compromissos do projeto para todas as partes interessadas. Essas informações fundamentam a análise de tendência dos projetos detectando se o seu desempenho está de acordo com o planejado ou não.

Nesse contexto, os resultados dos indicadores permitem a comparação entre o que foi planejado com o que está sendo realizado durante o desenvolvimento do projeto, além de permitir a previsão do seu comportamento futuro e alertar o líder sobre a necessidade de atuação preventiva.

Os resultados dos indicadores serão divulgados pelo Escritório de Projetos, e a coleta será realizada de acordo com a ferramenta na qual as atividades do projeto serão detalhadas e acompanhadas.

Os indicadores estão sempre associados ao projeto e devem permitir a mensuração dos resultados alcançados durante e após sua implantação.

Classificação dos resultados dos indicadores em função do resultado obtido na medição:

<b>Classificação</b>	<b>Intervalo do resultado</b>	<b>Cor usada</b>
Bom	Maior que 90%	Verde
Ponto de Atenção	Entre 75% e 90%	Laranja
Crítico	Menor que 75%	Vermelho



## Tabela A2 – Classificação dos Resultados dos Indicadores

### IAM – Indicador de Aderência a Metodologia

O IAM – Indicador de Aderência à Metodologia – tem como objetivo medir o uso da metodologia de gerenciamento de projetos pela organização. Será verificada a aplicação correta dos métodos, das técnicas e das ferramentas apresentados na metodologia

No cálculo do IAM os seguintes itens são verificados:

- Descritivo do Projeto (documento que formaliza o projeto na organização)
- Cronograma do projeto publicado e atualizado na FGP – Ferramenta de Gestão de Projetos
- Linha de base (*baseline*) criada
- RAP – Relatório de Acompanhamento de Projetos (mensal)
- Requisição de Mudanças (documento que formaliza as mudanças no projeto que impactam diretamente no custo, no prazo e/ou no escopo)
- Termo de Encerramento do Projeto (documento que formaliza o encerramento do projeto e registra as lições aprendidas)

Além dos itens supracitados, para os projetos de alta prioridade e complexidade também serão exigidos os itens abaixo:

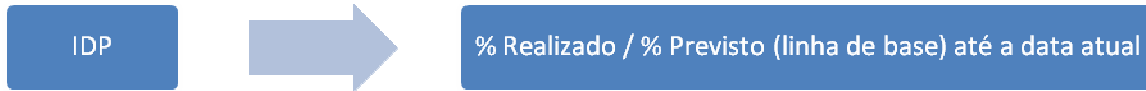
- Registro de Riscos do Projeto
- Indicadores e Metas de Resultado do Produto do Projeto
- Matriz de Responsabilidades
- Plano de Comunicação
- Especificações do Produto do Projeto
- Plano Geral do Projeto
- Ata de Reunião de *Kick-off*
- Termo de Transferência para Operação

Os itens serão avaliados conforme a fase do projeto.

### **IDP – Indicador de Desempenho do Prazo**

O Indicador de Desempenho do Prazo mede o percentual acumulado de realização do projeto em relação ao percentual acumulado previsto da linha de base até a data atual.

Forma de cálculo:



No cálculo do IDP, os seguintes itens serão avaliados:

- Percentual de conclusão real do projeto – percentual de andamento do projeto apontado pelo líder.
- Percentual de conclusão previsto do projeto – percentual previsto de andamento do projeto até a data atual de acordo com a linha de base.

Análise do IDP do projeto:

Dimensão	IDP		
	Bom	Ponto de Atenção	Crítico
<b>Atuação do Líder</b>	Cronograma é atualizado periodicamente e reflete a realidade do projeto.	Líder do projeto não mantém o cronograma atualizado ou o cronograma não reflete a realidade do projeto.	Líder do projeto não atualiza o cronograma e o cronograma não reflete a realidade do projeto.
<b>Risco do Projeto</b>	Baixo risco de desvio do prazo do projeto.	Médio risco de atraso no projeto.	Alto risco de atraso no projeto.

**Tabela A3 – Análise do IDP do Projeto**

O resultado do IDP proporcionará uma avaliação do percentual alcançado pelo projeto quanto ao desempenho do prazo acordado para seu término, permitindo que o Escritório de Projetos possa alertar nos casos de desvios acima dos limites estabelecidos.

### **IDE – Indicador de Desempenho de Escopo**

O resultado do IDE proporcionará uma avaliação do percentual alcançado pelo projeto quanto ao desempenho de conclusão das entregas acordadas no cronograma, permitindo que o Escritório de Projetos possa alertar nos casos de desvios acima dos limites estabelecidos.

Forma de cálculo:



Em que:

ER = Quantidade de entregas concluídas no cronograma até a data de cálculo.

EP = Quantidade de entregas previstas no cronograma até a data de cálculo.

## Apêndice C – Equações Modelo Dinâmico

### Estoques

Os estoques no diagrama utilizado são representados pelo lado esquerdo das equações 1 – 4. A equação (1) representa o estoque do escopo inicial (trabalho a ser realizado) que tem que ser completado. O tamanho das mudanças de estoque devido a taxas de desenvolvimento das atividades é representado pelo lado direito da equação 1 – 4. Isto pode ser entendido como: uma tarefa específica de projeto sendo removida do fluxo ascendente do estoque, e colocada no fluxo descendente. Por exemplo a “taxa de aprovação de trabalho” remove atividades da Eq. (2) e deposita a mesma atividade na equação Eq. (4).

$$(d/dt) TR = -R_{TI} \quad (1)$$

$$(d/dt) CQ = R_{TI} - D_{RT} + R_{RT} - R_A \quad (2)$$

$$(d/dt) RT = D_{RT} - R_{RT} + R_{EI} \quad (3)$$

$$(d/dt) TL = R_A \quad (4)$$

Onde:

TR – Estoque Trabalho a ser realizado {pacotes de trabalho}

CQ – Estoque de Certificação de Qualidade {pacotes de trabalho}

RT – Estoque de Retrabalho {pacotes de trabalho}

TL – Estoque Trabalho Liberado {pacotes de trabalho}

R<sub>TI</sub> – Taxa de trabalho inicial {pacotes de trabalho/semana}

D<sub>RT</sub> – Taxa de descoberta de retrabalho {pacotes de trabalho/semana}

R<sub>RT</sub> – Taxa de Retrabalho {pacotes de trabalho/semana}

R<sub>A</sub> – Taxa de aprovação de trabalho {pacotes de trabalho/semana}

R<sub>EI</sub> – Taxa Efeitos de Impacto {pacotes de trabalho/semana}

### Fluxos e Variáveis Auxiliares

Os fluxos representados por uma variável na parte esquerda da Eq. (5) – (9) são as taxas nas quais as tarefas são removidas dos estoques nos diagrama básico. Para o modelo básico, os recursos são alocados baseados na proporção de trabalho total. No modelo, F<sub>RT</sub> na Eq. (6) varia de 0 até 1 de acordo com a complexidade do projeto. F<sub>EI</sub> na Eq. (10) varia de 0 até o maior valor que corresponde a interdependência do projeto ao impacto provocado. A duração mínima das Eq. (11), (13) e (15) são definidos como 1 semana. O PE na Eq. (12), (14), e (16) é definido como 1 tarefa/pessoa/semana. Isto significa que 1 pessoa (recurso) pode realizar 1 tarefa por semana.

$$R_{TI} = \min(TP_{CI}, TR_{CI}) \quad (5)$$

$$D_{RT} = T_{CQ} * F_{RT} \quad (6)$$

$$T_{CQ} = \min(TP_{CQ}, TR_{CQ}) \quad (7)$$

$$R_{RT} = \min(TP_{RT}, TR_{RT}) \quad (8)$$

$$R_A = T_{CQ} - D_{RT} \quad (9)$$

$$R_{EI} = D_{RT} * F_{EI} \quad (10)$$

$$TP_{CI} = TI_{CI} / D_{MC} \quad (11)$$

$$TR_{CI} = PE * EQ_{AC} \quad (12)$$

$$TP_{CQ} = CQ / DCQ_{MC} \quad (13)$$

$$TR_{CQ} = PE * ECQ_{AC} \quad (14)$$

$$TP_{RT} = RT / DRT_{MC} \quad (15)$$

$$TR_{RT} = PE * ERT_{AC} \quad (16)$$

Onde :

$TP_{CI}$  – Taxa do processo de conclusão inicial {pacotes de trabalho/semana}

$TR_{CI}$  – Taxa de recursos para conclusão inicial {pacotes de trabalho/semana}

$T_{CQ}$  – Taxa de Certificação de Qualidade {pacotes de trabalho/semana}

$F_{RT}$  – Fração de Retrabalho {pacotes de trabalho/semana}

$TP_{CQ}$  – Taxa do processo de certificação de qualidade {pacotes de trabalho/semana}

$TR_{CQ}$  – Taxa de Recursos para certificação de qualidade {pacotes de trabalho/semana}

$TP_{RT}$  – Taxa do processo de Retrabalho {pacotes de trabalho/semana}

$TR_{RT}$  – Taxa de recursos de retrabalho {pacotes de trabalho/semana}

$F_{EI}$  – Força de Efeito Impacto {fração}

$TI_{CI}$  – Trabalho inicial para conclusão {pacotes de trabalho}

$D_{MC}$  – Duração mínima para conclusão {1 semana}

$PE$  – Produtividade da Equipe {1 tarefa/pessoa/semana}

$EQ_{AC}$  – Equipe associada para conclusão {pessoas}

$DCQ_{MC}$  – Duração mínima para conclusão CQ {1 semana}

$ECQ_{AC}$  – Equipe associada para conclusão CQ {pessoas}

$DRT_{MC}$  – Duração mínima para conclusão RT {1 semana}

$ERT_{AC}$  – Equipe associada para conclusão RT {pessoas}



## Apêndice D – Exemplo RAP – Relatório de Acompanhamento de Projetos

De: 01/04/2007  
A : 30/04/2007

### Dados do Projeto

Nome do Projeto: <b>Projeto B_Bônus Não Gera Bônus</b>	
Líder: <b>xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx</b>	Gerência: <b>xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx</b>
Início Planejado: <b>Fev/07</b>	Início Real: <b>Fev/07</b>
Término Linha de Base:	Término Previsto: <b>Jun/06</b>

### Entregas do Projeto (marcos)

Entrega	Data Planejada	Data Realizada	Status
<b>Proposta técnica</b>	<b>15/02/2007</b>	<b>15/02/2007</b>	ENTREGUE
<b>Descritivo do projeto</b>	<b>21/03/2007</b>	<b>26/03/2007</b>	ENTREGUE
<b>Análise de viabilidade</b>	<b>12/04/2007</b>	<b>12/04/2007</b>	ENTREGUE
<b>Abertura do SMART</b>	<b>12/04/2007</b>	<b>12/04/2007</b>	ENTREGUE
<b>Regras para Sistemas Financeiros</b>	<b>27/04/2007</b>	<b>25/04/2007</b>	ENTREGUE

### Comentários do Líder

<b>O projeto encontra-se na fase de desenvolvimento, a aquisição de hardware é fundamental para implementação do projeto no prazo.</b>
--

### Riscos/Problemas

Tipo (R,P)	Data de Entrada	Criticidade de	Descrição	Impacto	Ação	Responsável	Data Limite Solução	Data Real Solução
R	24/04/2007	⇒	Aquisição dos servidores (hardware)	Atraso na implantação do projeto e no resultado	Escalonamento junto as diretorias envolvidas na aquisição.	XXXXXXXXXX	31/05/2007	

Legenda do Status		Legenda Criticidade	
Suspense	∇	baixa	
Não iniciado	□	média	
Em andamento	⇒	alta	
Concluído	✓		
Cancelado	×		

Obs1.: P = Problema e R = Risco

Obs2.: Combinar as cores que representam a criticidade com a legenda do status para indicar a situação das entregas (Tabela de Entregas), se as entregas estão no prazo, se requerem atenção ou estão atrasadas.





## Apêndice E – Dados das Simulações

Figura 6.1

Time (Week)	Fração de descoberta para mudança requerida	Retrabalho	Trabalho a ser realizado	Trabalho a ser Validado	Trabalho Liberado
0	0,2	0	100	0	0
1	0,2	0	95	5	0
2	0,2	2	90	5	4
3	0,2	2	85	7	8
4	0,2	2	80	9	12
5	0,2	2	75	11	16
6	0,2	2	70	13	20
7	0,2	2	65	15	24
8	0,2	2	60	17	28
9	0,2	2	55	19	32
10	0,2	2	50	21	36
11	0,6	2	45	23	40
12	0,6	6	40	25	42
13	0,6	7	35	30	44
14	0,6	8	30	35	46
15	0,6	9	25	40	48
16	0,6	10	20	45	50
17	0,6	11	15	50	52
18	0,6	12	10	55	54
19	0,6	13	5	60	56
20	0,6	14	0	65	58
21	0,6	15	0	65	60
22	0,6	16	0	65	62
23	0,6	17	0	65	64
24	0,6	18	0	65	66
25	0,6	19	0	65	68
26	0,6	20	0	65	70
27	0,6	21	0	65	72
28	0,6	22	0	65	74
29	0,6	23	0	65	76
30	0,6	24	0	65	78
31	0,6	25	0	65	80

<b>32</b>	0,6	26	0	65	82
<b>33</b>	0,6	27	0	65	84
<b>34</b>	0,6	28	0	65	86
<b>35</b>	0,6	29	0	65	88
<b>36</b>	0,6	30	0	65	90
<b>37</b>	0,6	31	0	65	92
<b>38</b>	0,6	32	0	65	94
<b>39</b>	0,6	33	0	65	96
<b>40</b>	0,6	34	0	65	98
<b>41</b>	0,2	35	0	65	100
<b>42</b>	0,2	32	0	65	104
<b>43</b>	0,2	29	0	65	108
<b>44</b>	0,2	26	0	65	112
<b>45</b>	0,2	23	0	65	116
<b>46</b>	0,2	20	0	65	120
<b>47</b>	0,2	17	0	65	124
<b>48</b>	0,2	14	0	65	128
<b>49</b>	0,2	11	0	65	132
<b>50</b>	0,2	8	0	65	136
<b>51</b>	0,2	5	0	65	140
<b>52</b>	0,2	2	0	65	144
<b>53</b>	0,2	2	0	62	148
<b>54</b>	0,2	2	0	59	152
<b>55</b>	0,2	2	0	56	156
<b>56</b>	0,2	2	0	53	160
<b>57</b>	0,2	2	0	50	164
<b>58</b>	0,2	2	0	47	168
<b>59</b>	0,2	2	0	44	172
<b>60</b>	0,2	2	0	41	176
<b>61</b>	0,2	2	0	38	180
<b>62</b>	0,2	2	0	35	184
<b>63</b>	0,2	2	0	32	188
<b>64</b>	0,2	2	0	29	192
<b>65</b>	0,2	2	0	26	196
<b>66</b>	0,2	2	0	23	200
<b>67</b>	0,2	2	0	20	204
<b>68</b>	0,2	2	0	17	208
<b>69</b>	0,2	2	0	14	212
<b>70</b>	0,2	2	0	11	216
<b>71</b>	0,2	2	0	8	220

<b>72</b>	0,2	2	0	5	224
<b>73</b>	0,2	2	0	2	228
<b>74</b>	0,2	0,8	0	2	229,6
<b>75</b>	0,2	0,8	0	0,8	231,2
<b>76</b>	0,2	0,32	0	0,8	231,84
<b>77</b>	0,2	0,32	0	0,32	232,48
<b>78</b>	0,2	0,128	0	0,32	232,736
<b>79</b>	0,2	0,128	0	0,128	232,992
<b>80</b>	0,2	0,0512	0	0,128	233,094
<b>81</b>	0,2	0,0512	0	0,0512	233,197
<b>82</b>	0,2	0,02048	0	0,0512	233,238
<b>83</b>	0,2	0,02048	0	0,02048	233,279
<b>84</b>	0,2	0,008192	0	0,02048	233,295
<b>85</b>	0,2	0,008192	0	0,008192	233,311
<b>86</b>	0,2	0,003277	0	0,008192	233,318
<b>87</b>	0,2	0,003277	0	0,0032768	233,325
<b>88</b>	0,2	0,001311	0	0,0032768	233,327
<b>89</b>	0,2	0,001311	0	0,00131072	233,33
<b>90</b>	0,2	0,000524	0	0,00131072	233,331
<b>91</b>	0,2	0,000524	0	0,000524288	233,332
<b>92</b>	0,2	0,00021	0	0,000524288	233,332
<b>93</b>	0,2	0,00021	0	0,000209715	233,333
<b>94</b>	0,2	8,39E-05	0	0,000209715	233,333
<b>95</b>	0,2	8,39E-05	0	8,39E-05	233,333
<b>96</b>	0,2	3,36E-05	0	8,39E-05	233,333
<b>97</b>	0,2	3,36E-05	0	3,36E-05	233,333
<b>98</b>	0,2	1,34E-05	0	3,36E-05	233,333
<b>99</b>	0,2	1,34E-05	0	1,34E-05	233,333
<b>100</b>	0,2	5,37E-06	0	1,34E-05	233,333

Figura 6.3

<b>Time (Week)</b>	<b>Fração de descoberta para mudança requerida</b>	<b>Estoque Projeto Impactado</b>	<b>Estoque Projeto sem Impacto</b>
0	0,2	100	100
1	0,2	100	100
2	0,2	97	97
3	0,2	94	94
4	0,2	91	91
5	0,2	88	88
6	0,2	85	85
7	0,2	82	82
8	0,2	79	79
9	0,2	76	76
10	0,2	73	73
11	0,6	70	70
12	0,6	71	67
13	0,6	72	64
14	0,6	73	61
15	0,6	74	58
16	0,6	75	55
17	0,6	76	52
18	0,6	77	49
19	0,6	78	46
20	0,6	79	43
21	0,6	80	40
22	0,6	81	37
23	0,6	82	34
24	0,6	83	31
25	0,6	84	28
26	0,6	85	25
27	0,6	86	22
28	0,6	87	19
29	0,6	88	16
30	0,6	89	13
31	0,6	90	10
32	0,6	91	7
33	0,6	92	4

<b>34</b>	0,6	93	2,8
<b>35</b>	0,6	94	1,6
<b>36</b>	0,6	95	1,12
<b>37</b>	0,6	96	0,64
<b>38</b>	0,6	97	0,448
<b>39</b>	0,6	98	0,256
<b>40</b>	0,6	99	0,1792
<b>41</b>	0,2	100	0,1024
<b>42</b>	0,2	97	0,07168
<b>43</b>	0,2	94	0,04096
<b>44</b>	0,2	91	0,028672
<b>45</b>	0,2	88	0,016384
<b>46</b>	0,2	85	0,0114688
<b>47</b>	0,2	82	0,0065536
<b>48</b>	0,2	79	0,00458752
<b>49</b>	0,2	76	0,00262144
<b>50</b>	0,2	73	0,001835008
<b>51</b>	0,2	70	0,001048576
<b>52</b>	0,2	67	0,000734003
<b>53</b>	0,2	64	0,00041943
<b>54</b>	0,2	61	0,000293601
<b>55</b>	0,2	58	0,000167772
<b>56</b>	0,2	55	0,000117441
<b>57</b>	0,2	52	6,71088E-05
<b>58</b>	0,2	49	4,69762E-05
<b>59</b>	0,2	46	2,68436E-05
<b>60</b>	0,2	43	1,87905E-05
<b>61</b>	0,2	40	1,07374E-05
<b>62</b>	0,2	37	7,51619E-06
<b>63</b>	0,2	34	4,29496E-06
<b>64</b>	0,2	31	3,00647E-06
<b>65</b>	0,2	28	1,71799E-06
<b>66</b>	0,2	25	1,20259E-06
<b>67</b>	0,2	22	6,87194E-07
<b>68</b>	0,2	19	4,81036E-07
<b>69</b>	0,2	16	2,74878E-07
<b>70</b>	0,2	13	1,92415E-07
<b>71</b>	0,2	10	1,09951E-07
<b>72</b>	0,2	7	7,69658E-08
<b>73</b>	0,2	4	4,39804E-08

<b>74</b>	0,2	2,8	3,07863E-08
<b>75</b>	0,2	1,6	1,75922E-08
<b>76</b>	0,2	1,12	1,23145E-08
<b>77</b>	0,2	0,64	7,03688E-09
<b>78</b>	0,2	0,448	4,92582E-09
<b>79</b>	0,2	0,256	2,81475E-09
<b>80</b>	0,2	0,1792	1,97032E-09
<b>81</b>	0,2	0,1024	1,1259E-09
<b>82</b>	0,2	0,07168	7,8813E-10
<b>83</b>	0,2	0,04096	4,5036E-10
<b>84</b>	0,2	0,028672	3,15252E-10
<b>85</b>	0,2	0,016384	1,80144E-10
<b>86</b>	0,2	0,0114688	1,26101E-10
<b>87</b>	0,2	0,0065536	7,20576E-11
<b>88</b>	0,2	0,00458752	5,04403E-11
<b>89</b>	0,2	0,00262144	2,8823E-11
<b>90</b>	0,2	0,001835008	2,01761E-11
<b>91</b>	0,2	0,001048576	1,15292E-11
<b>92</b>	0,2	0,000734003	8,07045E-12
<b>93</b>	0,2	0,00041943	4,61168E-12
<b>94</b>	0,2	0,000293601	3,22818E-12
<b>95</b>	0,2	0,000167772	1,84468E-12
<b>96</b>	0,2	0,000117441	1,29127E-12
<b>97</b>	0,2	6,71088E-05	7,3787E-13
<b>98</b>	0,2	4,69762E-05	5,16509E-13
<b>99</b>	0,2	2,68436E-05	2,95148E-13
<b>100</b>	0,2	1,87905E-05	2,06604E-13

Figura 6.5

<b>Time (Week)</b>	<b>Sem pressão entrega</b>	<b>Projeto A (20%)</b>	<b>Projeto B(30%)</b>
1	100	100	100
2	100	100	100
3	97	97,33333	100,66284
4	94	94,67586	101,68378
5	91	92,02837	103,12227
6	88	89,39178	105,0506
7	85	86,76706	107,5574
8	82	84,15527	110,7525
9	79	81,55789	114,7726
10	76	78,9763	119,7726
11	73	76,41223	124,7726
12	70	73,86767	129,7726
13	67	71,34505	134,7726
14	64	68,847	139,7726
15	61	66,37693	144,7726
16	58	63,93881	149,7726
17	55	61,53727	154,7726
18	52	59,17819	159,7726
19	49	56,86901	164,7726
20	46	54,61882	169,7726
21	43	52,43953	174,7726
22	40	50,34639	179,7726
23	37	48,36026	184,7726
24	34	46,50954	189,7726
25	31	44,83508	194,7726
26	28	43,3971	199,773
27	25	42,29024	204,773
28	22	41,67342	209,773
29	19	41,84074	214,773
30	16	43,41951	211,773
31	13	48,1034	208,773
32	10	53,1034	205,773
33	7	50,1034	202,773
34	4	47,1034	199,773
35	2,8	44,10342	196,773
36	1,6	41,10342	193,7726
37	1,12	38,1034	190,7726



<b>38</b>	0,64	35,1034	187,7726
<b>39</b>	0,448	32,1034	184,7726
<b>40</b>	0,256	29,1034	181,7726
<b>41</b>	0,1792	26,1034	178,7726
<b>42</b>	0,1024	23,1034	175,7726
<b>43</b>	0,07168	20,1034	172,7726
<b>44</b>	0,04096	17,1034	169,7726
<b>45</b>	0,028672	14,1034	166,7726
<b>46</b>	0,016384	11,10344	163,7726
<b>47</b>	0,0114688	8,10344	160,7726
<b>48</b>	0,0065536	5,10344	157,7726
<b>49</b>	0,00458752	3,24138	154,7726
<b>50</b>	0,00262144	2,04138	151,7726
<b>51</b>	0,001835008	1,29655	148,7726
<b>52</b>	0,001048576	0,81655	145,7726
<b>53</b>	0,000734003	0,51862	142,7726
<b>54</b>	0,00041943	0,32662	139,7726
<b>55</b>	0,000293601	0,2074481	136,7726
<b>56</b>	0,000167772	0,1306481	133,7726
<b>57</b>	0,000117441	0,0829792	130,7726
<b>58</b>	6,71088E-05	0,0522592	127,7726
<b>59</b>	4,69762E-05	0,0331917	124,7726
<b>60</b>	2,68436E-05	0,0209037	121,7726
<b>61</b>	1,87905E-05	0,01327668	118,7726
<b>62</b>	1,07374E-05	0,00836148	115,7726
<b>63</b>	7,51619E-06	0,00531067	112,7726
<b>64</b>	4,29496E-06	0,00334459	109,7726
<b>65</b>	3,00647E-06	0,002124268	106,7726
<b>66</b>	1,71799E-06	0,001337836	103,77261
<b>67</b>	1,20259E-06	0,000849707	100,77261
<b>68</b>	6,87194E-07	0,000535134	97,77261
<b>69</b>	4,81036E-07	0,000339883	94,7726
<b>70</b>	2,74878E-07	0,000214054	91,7726
<b>71</b>	1,92415E-07	0,000135953	88,7726
<b>72</b>	1,09951E-07	8,56215E-05	85,7726
<b>73</b>	7,69658E-08	5,43812E-05	82,7726
<b>74</b>	4,39804E-08	3,42486E-05	79,7726
<b>75</b>	3,07863E-08	2,17525E-05	76,7726
<b>76</b>	1,75922E-08	1,36994E-05	73,7726
<b>77</b>	1,23145E-08	0,000008701	70,7726

<b>78</b>	7,03688E-09	5,47977E-06	67,7726
<b>79</b>	4,92582E-09	3,4804E-06	64,7726
<b>80</b>	2,81475E-09	2,19191E-06	61,7726
<b>81</b>	1,97032E-09	1,39216E-06	58,7726
<b>82</b>	1,1259E-09	8,76764E-07	55,7726
<b>83</b>	7,8813E-10	5,56864E-07	52,7726
<b>84</b>	4,5036E-10	3,50706E-07	49,7726
<b>85</b>	3,15252E-10	2,22746E-07	46,7726
<b>86</b>	1,80144E-10	1,40282E-07	43,7726
<b>87</b>	1,26101E-10	8,90983E-08	40,7726
<b>88</b>	7,20576E-11	5,61129E-08	37,7726
<b>89</b>	5,04403E-11	3,56393E-08	34,7726
<b>90</b>	2,8823E-11	2,24452E-08	31,7726
<b>91</b>	2,01761E-11	1,42557E-08	28,7726
<b>92</b>	1,15292E-11	8,97807E-09	25,7726
<b>93</b>	8,07045E-12	5,70229E-09	22,7726
<b>94</b>	4,61168E-12	3,59123E-09	19,7726
<b>95</b>	3,22818E-12	2,28092E-09	16,7726
<b>96</b>	1,84468E-12	1,43649E-09	13,7726
<b>97</b>	1,29127E-12	9,12366E-10	10,77261
<b>98</b>	7,3787E-13	5,74596E-10	7,77261
<b>99</b>	5,16509E-13	3,64947E-10	4,77261
<b>100</b>	2,95148E-13	2,29839E-10	3,10904

MDP Projeto A

Tempo Semanas	Estoque Inicial	Estoque CQ	Estoque RT	Total	Normalizado (t)	t-1	Sim (t)	Sim(t-1)
0	94	0	0	94	1	1	1	1
4	78	5	1	84	0,893617	1	1	1
8	63	8	5	76	0,808511	0,893617	0,974468	1
12	55	4	22	81	0,861702	0,808511	0,948936	0,974468
16	54	4	14	72	0,765957	0,861702	0,918298	0,948936
20	46	4	8	58	0,617021	0,797872	0,887668	0,918298
24	40	2	6	48	0,510638	0,617021	0,887661	0,887668
28	35	5	23	63	0,670213	0,510638	0,887668	0,887668
							0,887668	0,887668
<b>Diagonal</b>							0,887668	0,887668
0	0						0,904681	0,887668
0,2	0,2						0,921702	0,904681
0,4	0,4						0,938723	0,921702
0,6	0,6						0,955745	0,938723
0,8	0,8						0,977021	0,955745
1	1						0,998298	0,977021
1,2	1,2						1,019574	0,998298
1,4	1,4						1,040851	1,019574
1,6	1,6						1,083404	1,040851
1,8	1,8						1,125957	1,083404
2	2						1,125957	1,125957
							1,125957	1,125957

	7	7
	1,12595	1,12595
	7	7
	1,12595	1,12595
	7	7
	1,12595	1,12595
	7	7
	1,12595	1,12595
	7	7
	1,11744	1,12595
	7	7
	1,10893	1,11744
	6	7
	1,09191	1,10893
	5	6
	1,07489	1,09191
	4	5
	1,05787	1,07489
	2	4
	1,04085	1,05787
	1	2
	1,04510	1,04085
	6	1
	1,02808	1,04510
	5	6
	1,00255	1,02808
	3	5
	0,97702	1,00255
	1	3
	0,95148	0,97702
	9	1
	0,92595	0,95148
	7	9
	0,90042	0,92595
	6	7
	0,87489	0,90042
	4	6
	0,84936	0,87489
	2	4
	0,82383	0,84936
		2
	0,79829	0,82383
	8	
	0,77276	0,79829
	6	8

	0,74723 4	0,77276 6
	0,72170 2	0,74723 4
	0,69617	0,72170 2
	0,67063 8	0,69617
	0,64510 6	0,67063 8
	0,61957 4	0,64510 6
	0,59404 3	0,61957 4
	0,56851 1	0,59404 3
	0,54297 9	0,56851 1
	0,51744 7	0,54297 9
	0,49191 5	0,51744 7
	0,46638 3	0,49191 5
	0,44085 1	0,46638 3
	0,41531 9	0,44085 1
	0,38978 7	0,41531 9
	0,36425 5	0,38978 7
	0,33872 3	0,36425 5
	0,31319 1	0,33872 3
	0,28766	0,31319 1
	0,26212 8	0,28766
	0,23659 6	0,26212 8
	0,21106 4	0,23659 6
	0,18553 2	0,21106 4

	0,16	0,18553
		2
	0,13446	0,16
	8	
	0,10893	0,13446
	6	8
	0,08340	0,10893
	4	6
	0,05787	0,08340
	2	4
	0,03336	0,05787
	2	2
	0,02314	0,03336
	9	2
	0,01334	0,02314
	5	9
	0,00926	0,01334
		5
	0,00533	0,00926
	8	
	0,00370	0,00533
	4	8
	0,00213	0,00370
	5	4
	0,00148	0,00213
	2	5
	0,00085	0,00148
	4	2
	0,00059	0,00085
	3	4
	0,00034	0,00059
	2	3
	0,00023	0,00034
	7	2
	0,00013	0,00023
	7	7
	9,48E-	0,00013
	05	7
	5,47E-	9,48E-
	05	05
	3,79E-	5,47E-
	05	05
	2,19E-	3,79E-
	05	05
	1,52E-	2,19E-
	05	05

	8,75E-06	1,52E-05
	6,07E-06	8,75E-06
	3,5E-06	6,07E-06
	2,43E-06	3,5E-06
	1,4E-06	2,43E-06
	9,71E-07	1,4E-06
	5,6E-07	9,71E-07
	3,88E-07	5,6E-07
	2,24E-07	3,88E-07
	1,55E-07	2,24E-07
	8,96E-08	1,55E-07

MDP Projeto B

Tempo Semanas	Estoque Inicial	Estoque CQ	Estoque RT	Total	Normalizado (t)	t-1	Sim (t)	Sim(t-1)
0	63	0	0	63	1	1		

<b>4</b>	59	0	0	59	0,936508	1
<b>8</b>	52	3	0	55	0,873016	0,936508
<b>12</b>	41	9	4	54	0,857143	0,873016
<b>16</b>	39	5	2	46	0,730159	0,857143
<b>20</b>	34	4	3	41	0,650794	0,730159
<b>24</b>	17	1	0	18	0,285714	0,650794
<b>28</b>	14	1	0	15	0,238095	0,285714
<b>32</b>	10	4	2	16	0,253968	0,238095
<b>36</b>	8	2	0	10	0,15873	0,253968
<b>40</b>	0	5	0	5	0,079365	0,15873
<b>44</b>	0	0	0	0	0	0,079365