



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2013/11.26.15.18-TDI

**MODELAGEM CONCEITUAL UNIFICADA DE
PROCESSOS E SUA APLICAÇÃO AOS PROCESSOS DE
SERVIÇO PARA A GARANTIA DO PRODUTO EM
MISSÕES ESPACIAIS**

Carlos Alberto Monteiro Barbosa dos Santos

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelos Drs. Germano de Souza Kienbaum, e Mauricio Gonçalves Vieira Ferreira, aprovada em 18 de dezembro de 2013.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3FA3QF2>>

INPE
São José dos Campos
2013

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):

Presidente:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Membros:

Dr. Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Dr. Germano de Souza Kienbaum - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Maria Tereza Smith de Brito - Serviço de Informação e Documentação (SID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2013/11.26.15.18-TDI

**MODELAGEM CONCEITUAL UNIFICADA DE
PROCESSOS E SUA APLICAÇÃO AOS PROCESSOS DE
SERVIÇO PARA A GARANTIA DO PRODUTO EM
MISSÕES ESPACIAIS**

Carlos Alberto Monteiro Barbosa dos Santos

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelos Drs. Germano de Souza Kienbaum, e Mauricio Gonçalves Vieira Ferreira, aprovada em 18 de dezembro de 2013.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3FA3QF2>>

INPE
São José dos Campos
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Santos, Carlos Alberto Monteiro Barbosa dos.

Sa59m Modelagem conceitual unificada de processos e sua aplicação aos processos de serviço para a Garantia do Produto em missões espaciais / Carlos Alberto Monteiro Barbosa dos Santos. – São José dos Campos : INPE, 2013.

xx + 127 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m19/2013/11.26.15.18-TDI)

Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013.

Orientadores : Drs. Germano de Souza Kienbaum, e Mauricio Gonçalves Vieira Ferreira.

1. ciência e tecnologia de processos. 2. modelagem conceitual unificada de processos. 3. serviço de garantia do produto. I.Título.

CDU 620.1.004:519.2



Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

Aprovado (a) pela Banca Examinadora
em cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de **Mestre** em

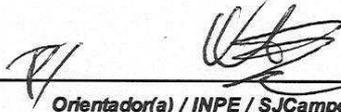
**Engenharia e Tecnologia
Espaciais/Gerenciamento de Sistemas
Esnaciais**

Dr. Walter Abrahão dos Santos



Presidente / INPE / São José dos Campos - SP

Dr. Germano de Souza Kienbaum



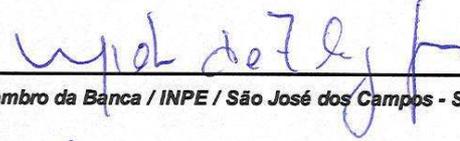
Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

Dr. Mauricio Gonçalves Vieira Ferreira



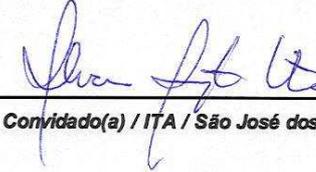
Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

Dr. Milton de Freitas Chagas Junior



Membro da Banca / INPE / São José dos Campos - SP

Dr. Álvaro Augusto Neto



Convidado(a) / ITA / São José dos Campos - SP

Este trabalho foi aprovado por:

maioria simples

unanimidade

Aluno (a): **Carlos Alberto Monteiro Barbosa dos Santos**

São José dos Campos, 18 de Dezembro de 2013

AGRADECIMENTOS

A meu pai, Carlos Alberto dos Santos, por todo apoio que me estimulou a dar este passo.

A minha mãe, Ana Lucia Barbosa dos Santos, por todo incentivo durante o período em que estive comprometido com o curso.

A meu irmão, Jullian Henrique Barbosa dos Santos, pela força e companheirismo principalmente.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Germano de Souza Kienbaum e Prof. Dr. Mauricio Gonçalves Vieira Ferreira pela orientação e apoio na realização deste trabalho.

Aos professores da Pós-graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais, pelo conhecimento compartilhado.

Aos funcionários do SGP/INPE e GDC/INPE pela oportunidade e apoio na execução desta pesquisa.

Aos membros da Banca cujas críticas e sugestões serviram sempre como forma construtiva para buscar o melhor.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta Dissertação.

RESUMO

Este trabalho propõe a aplicação de uma abordagem transdisciplinar para estudos de processos denominada Ciência e Tecnologia de Processos (CTP) na criação e análise de um modelo para auxiliar o gerenciamento dos processos voltados para a garantia da qualidade de produtos e serviços da área espacial. O modelo é criado utilizando uma metodologia denominada Modelagem Conceitual Unificada de Processos (MCUP), na qual os processos de serviços descritos são construídos e analisados usando-se, de forma simultânea e integrada, técnicas provenientes da Modelagem de Processos, Simulação de Sistemas e Gestão por Processos de Negócios. O estudo de caso apresentado descreve um sistema real, envolvendo um setor do Serviço de Garantia do Produto (SGP) do Departamento de Engenharia e Tecnologia Espacial do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (ETE/INPE).

UNIFIED CONCEPTUAL MODELING AND ITS APPLICATION TO THE SERVICE PROCESSES FOR PRODUCT QUALITY ASSURANCE IN SPACE MISSIONS

ABSTRACT

This work proposes the application of a transdisciplinary approach to conduct complex discrete event processes studies, denominated Process Science and Technology (ProST), for the creation and analysis of a unified process model for supporting the management of the service processes related with the product quality assurance in space missions. The model is created using a methodology denominated Unified Process Conceptual Modeling, in which the service processes are built and analyzed making use of a unified modeling approach, based on the simultaneous and integrated use of process modeling, systems simulation and business process management techniques. The model describes a real study case involving a sector of the Product Quality Assurance Services Division of the Department of Space Engineering and Technology at the National Space Research Institute (ETE/INPE).

LISTA DE FIGURAS

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| Figura 2.1 - Ilustração sobre a CTP | 8 |
| Figura 2.2 - Arquitetura de conhecimento de CTP | 10 |
| Figura 2.3 - Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e BPM | 15 |
| Figura 2.4 – Ciclo de Vida dos Modelos de Processo na MCUP..... | 19 |
| Figura 2.5 – Modelo de Referência da Fase de Projetos do Ciclo de Vida do Produto na MCUP | 22 |
| Figura 2.6 – Processos da Modelagem Descritiva do Produto na MCUP – IDEF0 | 23 |
| Figura 2.7 – Modelagem da Organização para Gestão por Processos na MCUP | 24 |
| Figura 3.1 – Estrutura organizacional do Serviço de Garantia do Produto..... | 28 |
| Figura 3.2 - Fases do ciclo de vida de um satélite em DMCUP | 33 |
| Figura 3.3 – Ciclo de vida do CBERS com a participação do SGP | 38 |
| Figura 4.1 – Etapas para a aplicação da MCUP | 43 |
| Figura 4.2 – Modelo DMCUP do processo de análise do pedido de modificação | 46 |
| Figura 4.3 – Modelo BPMN do processo de análise do pedido de modificação | 48 |
| Figura 4.4 – Interface gráfica do Bizagi Studio..... | 49 |
| Figura 4.5 – Modelo do processo exportado para o Bizagi Studio | 50 |
| Figura 4.6 – Diagrama do Modelo de Dados para o Bizagi Studio..... | 51 |
| Figura 4.7 – Formulário para a atividade “Analisar pedido de modificação”..... | 52 |
| Figura 4.8 – Definição da regra de negócio (Define Expressions) | 54 |
| Figura 4.9 – Definição da regra de negócio (Activity Actions) | 55 |
| Figura 4.10 – Definição dos participantes das atividades do processo | 56 |
| Figura 4.11 – Tela de login para a execução do processo no Bizagi Studio | 57 |
| Figura 4.12 – Tela principal do Bizagi Studio para a execução do processo ... | 59 |
| Figura 4.13 – Gráfico indicador do estado das atividades..... | 60 |

| | |
|--|-----|
| Figura 4.14 – Acompanhamento do processo em Execução | 61 |
| Figura 4.15 – Modelo de Simulação do processo de análise do pedido de modificação | 62 |
| Figura 4.16 – Decomposição da macro atividade “Análise de Confiabilidade”. | 62 |
| Figura 4.17 – Relatório de análise da simulação para o primeiro cenário | 64 |
| Figura 4.18 – Relatório de análise da simulação para o segundo cenário | 65 |
| Figura 4.19 – Relatório de análise da simulação para o terceiro cenário | 66 |
| Figura 4.20 – Relatório de análise da simulação para o quarto cenário | 67 |
| Figura 4.21 – Gráfico de representação para os diferentes cenários gerados no modelo de simulação por meio da ferramenta Simprocess | 70 |
| Figura 4.22 – Utilização conjunta dos modelos de gestão por processos e simulação | 72 |
| Figura A.1 – Modelo de referência da Livraria On-Line | 91 |
| Figura A.2 – Modelo da Livraria On-line em diagrama PERT | 94 |
| Figura A.3 – Modelo da Livraria On-line no Bizagi | 97 |
| Figura A.4 – Modelo Simprocess da Livraria On-line | 100 |
| Figura B.1 – Revisão Preliminar do Projeto (FASE B) | 111 |
| Figura B.2 – Fabricação do Modelo de Engenharia e Revisão Crítica do Projeto | 114 |
| Figura B.3 – Processo de auditoria da qualidade | 115 |
| Figura B.4 – Processo de qualificação de Partes | 116 |
| Figura B.5 – Processo de Qualificação de Materiais | 117 |
| Figura B.6 – Processo de Qualificação de Processos | 118 |
| Figura B.7 – Processo de análise de Confiabilidade | 119 |
| Figura B.8 – Fabricação do Modelo de Qualificação | 121 |
| Figura B.9 – Fabricação do Modelo de Qualificação (Continuação) | 122 |
| Figura B.10 – Processo de MIP | 124 |
| Figura B.11 – Atividades de verificação realizadas durante a MIP | 125 |

LISTA DE TABELAS

| | <u>Pág.</u> |
|---|--------------------|
| Tabela 2.1 – Descrição dos símbolos DMCUP | 17 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

| | |
|-------|---|
| ABC | <i>Activity Based Cost</i> |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| AIT | <i>Assembly Integration and Tests</i> |
| AR | <i>Acceptance Review</i> |
| BPD | <i>Business Process Diagram</i> |
| BPM | <i>Business Process Management</i> |
| BPMI | <i>Business Process Management Initiative</i> |
| BPMN | <i>Business Process Modeling Notation</i> |
| BPMS | <i>Business Process Management System</i> |
| CAST | <i>China Association for Science and Technology</i> |
| CBERS | <i>China Brazil Earth Resources Satellite</i> |
| CCB | <i>Configuration Control Board</i> |
| CDR | <i>Critical Design Review</i> |
| CIDL | <i>Configuration Item Data List</i> |
| CMM | <i>Capability Maturity Model</i> |
| CMMI | <i>Capability Maturity Model Integration</i> |
| CTP | Ciência e Tecnologia de Processos |
| DCA | Diagrama de Ciclo de Atividades |
| DMCUP | Diagrama para Modelagem Conceitual Unificada de Processos |
| DMUS | Diagramas para Modelagem Unificada em Simulação |
| ECR | <i>Engineering Change Request</i> |
| ECSS | <i>European Cooperation for Space Standardization</i> |
| ESA | <i>European Space Agency</i> |
| ETE | Engenharia e Tecnologia Espacial |
| FMEA | <i>Failure Mode and Effects Analysis</i> |
| FMECA | <i>Failure Mode, Effects and Criticality Analysis</i> |
| GDC | Gestão de Documentação e Configuração |
| GUI | <i>Graphical User Interface</i> |

| | |
|-------|--|
| IA | Item de Ação |
| ICOM | <i>Input Control Output Mechanism</i> |
| IDEF0 | <i>Integration Definition for Function Modeling</i> |
| INPE | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais |
| IPPD | <i>Integrated Product and Process Development</i> |
| ISO | <i>International Organization for Standardization</i> |
| LIT | Laboratório de Integração e Testes |
| MAR | <i>Material Approval Request</i> |
| MCUP | Modelagem Conceitual Unificada de Processos para Engenharia Simultânea |
| MIP | <i>Mandatory Inspection Point</i> |
| MRB | <i>Material Review Board</i> |
| MRR | <i>Manufacturing Readiness Review</i> |
| NASA | <i>National Aeronautics and Space Administration</i> |
| NCR | <i>Nonconformance Report</i> |
| PAR | <i>Part Approval Request</i> |
| PDCA | <i>Plan, Do , Check and Act</i> |
| PDR | <i>Preliminar Design Review</i> |
| PERT | <i>Program Evaluation and Review Technique</i> |
| PLM | <i>Product Lifecycle Management</i> |
| PM | <i>Project Management</i> |
| PMP | Partes, Materiais e Processos |
| PMPCB | <i>Part, Material and Process Control Board</i> |
| ProST | <i>Process Science and Technology</i> |
| QR | <i>Qualification Review</i> |
| RELM | <i>Rational Engineering Lifecycle Management</i> |
| RID | <i>Review Item Discrepancy</i> |
| SE | <i>Systems Engineering</i> |
| SEI | <i>Software Engineering Institute</i> |
| SGP | Serviço de Garantia do Produto |
| SS | <i>Supplier Sourcing</i> |

| | |
|-------|--|
| SW | <i>Software Engineering</i> |
| SysML | <i>Systems Modeling Language</i> |
| TRB | <i>Test Review Board</i> |
| TRRB | <i>Test Readiness Review Board</i> |
| ULMD | <i>Unified Lifecycle Modeling Diagrams</i> |
| UML | <i>Unified Modeling Language</i> |
| XPDL | <i>XML Process Definition Language</i> |

SUMÁRIO

| | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 Motivação | 3 |
| 1.2 Objetivos..... | 4 |
| 1.3 Metodologia | 5 |
| 1.4 Estrutura do Trabalho | 6 |
| | |
| 2 FUNDAMENTOS DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PROCESSOS | 7 |
| 2.1 Conceitos Básicos em Ciência e Tecnologia de Processos..... | 7 |
| 2.1.1 Ciência e Tecnologia de Processos | 7 |
| 2.1.2 Framework para Ciência e Tecnologia de Processos | 8 |
| 2.1.3 Modelagem Conceitual..... | 11 |
| 2.1.4 Modelagem Conceitual para Simulação | 12 |
| 2.1.5 Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos..... | 13 |
| 2.1.6 Diagramas para Modelagem Conceitual Unificada de Processos (DMCUP)..... | 16 |
| 2.1.7 Modelagem Conceitual Unificada de Processos para Engenharia Simultânea (MCUP) | 18 |
| 2.1.8 Aplicação da MCUP em Engenharia de Sistemas | 21 |
| | |
| 3 O SERVIÇO DE GARANTIA DO PRODUTO | 25 |
| 3.1 Qualidade | 25 |
| 3.1.1 Normas Organizacionais | 26 |
| 3.1.2 Normas Organizacionais para Área Espacial | 27 |
| 3.2 SGP..... | 28 |
| 3.2.1 Garantia da Qualidade | 28 |
| 3.2.2 Confiabilidade..... | 29 |
| 3.2.3 Partes, Materiais e Processos (PMP)..... | 30 |
| 3.3 O Problema Utilizado no Estudo de Caso | 31 |
| | |
| 4 APLICAÇÃO DA MODELAGEM CONCEITUAL UNIFICADA DE PROCESSOS AO ESTUDO DE CASO | 39 |
| 4.1 Construção do Modelo de Referência | 43 |
| 4.2 Modelo de Gestão por Processos e sua Implementação | 47 |
| 4.3 Modelo de Simulação e sua Implementação..... | 62 |
| 4.4 Análise dos Resultados..... | 67 |
| 4.4.1 Análise dos Resultados do Modelo de Gestão por Processos..... | 67 |

| | |
|---|------------|
| 4.4.2 Análise dos Resultados do Modelo de Simulação..... | 69 |
| 4.4.3 Unificação do Modelo de Gestão por Processos e do Modelo de Simulação..... | 71 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 73 |
| 5.1 Contribuições da Pesquisa..... | 76 |
| 5.2 Pesquisas Futuras..... | 77 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 79 |
| GLOSSÁRIO..... | 85 |
| APÊNDICE A – MODELAGEM CONCEITUAL UNIFICADA DE PROCESSOS: UMA METODOLOGIA PARA A REALIZAÇÃO DE ESTUDOS EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PROCESSOS..... | 89 |
| A.1 O Problema da Livraria On-Line | 89 |
| A.2 Modelagem Conceitual Unificada de Processos e o Modelo de Referência..... | 90 |
| A.3 O Modelo de Gerência de Projetos e sua Implementação..... | 92 |
| A.4 O Modelo BPM e sua Implementação | 95 |
| A.5 O Modelo de Simulação e sua Implementação..... | 99 |
| A.6 Análise Integrada e Avaliação dos Resultados..... | 103 |
| A.6.1 Domínio da Aplicabilidade e Limites da Abordagem..... | 103 |
| A.6.2 Benefícios da Metodologia e de suas Ferramentas..... | 105 |
| A.6.3 Estado Atual e Pesquisas Futuras..... | 108 |
| APÊNDICE B – Modelagem dos Processos do SGP..... | 109 |
| B.1 Modelagem dos Processos em BPMN..... | 110 |
| B.1.1 Fase B – Revisão Preliminar do Projeto (PDR)..... | 110 |
| B.1.2 Fase C – Fabricação do Modelo de Engenharia e Revisão Crítica do Projeto..... | 112 |
| B.1.3 Fase D – Fabricação do Modelo de Qualificação, Revisão de Qualificação do Projeto, Fabricação do Modelo de Voo e Revisão de Aceitação do Projeto..... | 120 |
| B.1.4 Fase E – Lançamento do satélite..... | 127 |

1 INTRODUÇÃO

Encontrar soluções para problemas gerenciais complexos e adaptar seus fluxos de trabalhos a um mundo em contínua evolução é uma das principais preocupações das organizações modernas, cuja engenharia e processos de gestão precisam se aprimorar constantemente para satisfazer um mercado altamente exigente e competitivo. Desta forma exige-se das organizações um alto aproveitamento no uso de recursos de todos os tipos, a fim de se atender as exigências de seus clientes e enfrentar novos desafios.

Nessa busca incessante para atender esses objetivos, as organizações estão cada vez mais dependentes de sofisticadas técnicas de análises, tais como a Modelagem de Processos, Simulação e Gerenciamento de Processos de Negócios, e do uso de recursos tecnológicos avançados, para melhorar sua produção e processos de gestão.

Ciência e Tecnologia de Processos (CTP) é um neologismo criado para designar uma abordagem holística e transdisciplinar que visa à criação, integração e a unificação de conceitos, métodos, técnicas e ferramentas destinados a projetar, modelar, analisar, simular, executar, gerenciar, monitorar e avaliar sistemas que realizam processos complexos a eventos discretos, visando a sua evolução e aperfeiçoamento (KIENBAUM et al., 2012). Exemplos típicos de sistemas deste tipo são as organizações que atuam no desenvolvimento de produtos e na prestação de serviços de natureza complexa.

A CTP representa a evolução e a aglutinação de conceitos e técnicas que já vêm sendo utilizados há bastante tempo, em diversas áreas de conhecimento relacionadas com a Engenharia (Simultânea) de Sistemas complexos, tais como as áreas de (Re)engenharia de Processos (*Business Process Re-engineering*), Gerência de Processos de Negócios (*Business Process Management*), Gerência de Projetos (*Project Management*) e Simulação de

Sistemas, visando à melhoria dos processos envolvidos no desenvolvimento de produtos e serviços em geral.

Em um trabalho correlato desta área, Silva (2013) propôs uma Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão de Processos como uma metodologia em construção para a realização de estudo de CTP, visando à melhoria da gestão de processos de negócios em geral. O trabalho de Silva demonstrou ainda o uso da metodologia em um estudo de caso relacionado com os serviços comerciais realizados pelo LIT (Laboratório de Integração e Testes) para parceiros industriais externos do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

A abordagem proposta por Silva está sendo modificada e estendida neste trabalho, tendo sido renomeada de Modelagem Conceitual Unificada de Processos (MCUP) para maior simplicidade de referência, e teve seu foco de aplicação redirecionado para outro contexto de pesquisa. O contexto apresentado neste trabalho demonstra a utilização de Ciência e Tecnologia de Processos para o gerenciamento do ciclo de vida completo do produto espacial, que abrange desde a fase do seu projeto preliminar até sua fase de lançamento.

Os modelos criados proporcionam uma visão ampla de todo processo realizado pelo setor em questão, tornando mais fácil o entendimento do trabalho realizado pelo mesmo, e os aplicativos implementados auxiliam o monitoramento e a análise dos processos, permitindo a introdução de melhorias no sistema real.

As ferramentas utilizadas para auxiliar na modelagem dos processos do estudo de caso foram BPMS Bizagi Suite (BIZAGI, 2013), usado como apoio para o desenvolvimento dos modelos de Gestão por Processos, enquanto o ambiente de simulação SIMPROCESS (SIMPROCESS, 2013) foi o aplicativo utilizado para simular o modelo construído para demonstração da abordagem utilizada. A compatibilidade e consistência do modelo para gestão e simulação

implementado tiveram que ser asseguradas de forma independente pelo próprio modelador, dada à ausência de ferramentas específicas de conversão e verificação entre as diferentes formas de representação de modelos de processos utilizadas, da mesma maneira que em Silva (2013).

1.1 Motivação

O INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) está envolvido com desenvolvimento de sistemas espaciais há várias décadas. Estas atividades são caracterizadas por elevados níveis de riscos e altos custos. Anteriormente responsável por todas as fases do desenvolvimento de um satélite, atualmente o INPE concentra-se em atividades de sistemas e delega o desenvolvimento de subsistemas a empresas contratadas (ALMEIDA, 2011).

O Serviço de Garantia do Produto (SGP) é um setor do Departamento da Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE) do INPE que tem por objetivo assegurar a garantia da qualidade dos produtos e processos desenvolvidos por parceiros externos para utilização no programa espacial brasileiro, em especial aqueles relacionados com o segmento de satélite e de suas aplicações.

A quantidade de missões espaciais vem aumentando ao longo do tempo, com isso há um aumento nas atividades que devem ser desenvolvidas. Sendo assim, é necessário buscar uma solução que atenda à demanda crescente e a qualidade esperada dos serviços prestados, para que sejam tomadas decisões corretas, definindo e formalizando os processos e implementando uma política visando à melhoria contínua dos mesmos.

A justificativa deste trabalho se dá pelo aumento dos programas espaciais em que o SGP/INPE vem participando ao longo dos anos, relacionado ao pequeno número de recursos disponibilizados para a realização das atividades referentes à garantia da qualidade de produtos em missões espaciais. A sobrecarga de trabalho pode ocasionar mais deficiência e menos eficiência na execução e gestão das atividades como um todo.

Objetivando contribuir na solução deste problema, propõe-se a aplicação de CTP, em especial nos seus aspectos voltados à gestão de processos de negócios, para auxiliar na introdução de melhorias gerais na estruturação e execução das atividades realizadas pelo Serviço de Garantia do Produto do INPE.

1.2 Objetivos

Este trabalho aplica os conceitos, métodos e técnicas da Ciência e Tecnologia de Processos na análise dos processos de serviço para garantia da qualidade no contexto da gestão do ciclo de vida do produto em uma missão espacial.

O objetivo principal do trabalho é aplicar uma metodologia em construção, denominada Modelagem Conceitual Unificada de Processos, que consiste na adaptação da Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos proposta por Silva (2013) em um novo contexto de pesquisa, voltado para o estudo do ciclo de vida completo de desenvolvimento de produtos espaciais, que abrange desde a fase do projeto até a de seu lançamento.

Dada à grande amplitude do tema, entretanto, para fins da presente dissertação o novo contexto da pesquisa foi restrito à condução de estudos dos processos relacionados com a garantia de produtos e serviços da área espacial. Dentro deste contexto, o estudo de caso apresentado para fins de demonstração da metodologia foi restringido ainda mais, abrangendo apenas um setor do Serviço de Garantia do Produto do INPE (SGP/INPE), cobrindo os aspectos voltados para a modelagem de processos, a sua execução e análise, a identificação de problemas e a proposta de soluções e melhorias.

Como objetivo específico propõe-se ainda a implementação de aplicativos para realizar a simulação e para auxiliar na gestão do setor do SGP, buscando a sistematização dos procedimentos voltados para o atendimento das

especificações de requisitos do produto, para análise da performance do seus processos de desenvolvimento e para a automatização destes processos.

1.3 Metodologia

Este trabalho propõe a aplicação de uma abordagem sistemática para a construção de modelos e análise de processos de negócios denominada Modelagem Conceitual Unificada de Processos. Neste contexto, o processo de modelagem faz uso de um modelo de referência desde seu início, que é transformado em outros tipos de representações multifacetadas e consistentes entre si, com o objetivo de se obter benefícios complementares resultantes da aplicação de duas visões disciplinares diferenciadas: Gestão por Processos de Negócio e Simulação.

O desenvolvimento do trabalho envolveu diversas etapas, sendo:

(1) Uma pesquisa e um estudo dos conceitos de Ciência e Tecnologia de Processos, que resultou na aplicação da MCUP, com seu foco redirecionado para a modelagem do ciclo de vida do desenvolvimento de produtos complexos.

(2) Elaboração de definições sobre o sistema de gestão da qualidade, apresentando também as normas e as organizações que padronizam este sistema e as fases do ciclo de vida do satélite CBERS em que o SGP participa. Além disso, uma descrição de como as seções que compõem o Serviço de Garantia do Produto estão organizadas, juntamente com suas principais funções e atividades.

(3) A identificação do setor do SGP para a aplicação da metodologia da MCUP, onde são apresentados os modelos de processos executados sob sua responsabilidade, de acordo com as visões de diferentes áreas de conhecimento.

(4) Implementação dos modelos criados, tanto aqueles destinados à simulação dos processos quanto aqueles voltados para auxiliar na efetiva operação do sistema real, com o auxílio de ferramentas apropriadas de simulação e gestão por processos de negócios.

(5) Análise final dos resultados, encerrando com uma conclusão sobre as vantagens e desvantagens observadas na aplicação simultânea das técnicas diversas e uma proposta para pesquisas futuras.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: o capítulo 2 apresenta os conceitos fundamentais e o contexto no qual se enquadra a presente pesquisa; o capítulo 3 apresenta conceitos sobre qualidade e normas aplicáveis, a estruturação do SGP e o estudo de caso utilizado na pesquisa; o capítulo 4 apresenta a aplicação da Modelagem Conceitual Unificada de Processos, onde se descreve os aplicativos de apoio desenvolvido para a análise do processo abordado e os resultados obtidos; o capítulo 5 descreve as conclusões do trabalho e alguns aspectos que ficaram fora do escopo da pesquisa e que podem ser eventualmente considerados para a realização de pesquisas futuras; o Apêndice A apresenta a aplicação da metodologia utilizada no trabalho denominada de Modelagem Conceitual Unificada de Processos, a um estudo de caso, fazendo uso de um modelo acadêmico, representativo de uma livraria On-line; finalmente, o Apêndice B apresenta a modelagem em BPMN dos principais processos realizados pelo SGP durante toda sua participação dentro do ciclo de vida do programa CBERS.

2 FUNDAMENTOS DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PROCESSOS

Apesar das grandes melhorias que foram feitas para se buscar soluções para problemas complexos, as organizações ainda tem uma grande dificuldade para personalizar e melhorar seus processos de negócios devido à diversidade e incompatibilidade de métodos, além do alto custo para o desenvolvimento de ferramentas de apoio. Para atender a este objetivo, é necessário buscar formas alternativas, adotando uma abordagem sistemática para integrar e unificar conceitos e técnicas que podem ser complementares.

Este capítulo apresenta a definição e os conceitos de Ciência e Tecnologia de Processos e, como parte integrada desta, a Modelagem Conceitual Unificada de Processos para Engenharia Simultânea (MCUP), que é a base da metodologia a ser utilizada no estudo de caso. Todos os fundamentos teóricos apresentados a seguir se fazem necessário para que seja possível a compreensão da formulação de CTP e de seu *Framework* para serem aplicados ao longo deste trabalho.

2.1 Conceitos Básicos em Ciência e Tecnologia de Processos

A seguir são definidos os conceitos básicos relacionados à Ciência e Tecnologia de Processos (CTP).

2.1.1 Ciência e Tecnologia de Processos

O termo Ciência e Tecnologia de Processos (CTP) é aplicado neste trabalho para designar uma área de pesquisa em evolução, de caráter inovador e transdisciplinar, que consiste na integração e unificação da teoria e das ferramentas usadas para a realização de estudos de processos cobrindo todas as fases do ciclo de vida do modelo: a formulação do problema, a construção do modelo de processos, a execução e o controle dos processos, o monitoramento, a automação, a simulação, a gestão e a melhoria contínua dos

processos, visando a solução de problemas envolvendo processos em geral (SILVA, 2013).

O objetivo é integrar e unificar, sob uma única denominação, conceitos, métodos e técnicas provenientes de diversas áreas de estudos sobre processos, tais como: a modelagem e a simulação de processos, a engenharia de sistemas, o gerenciamento de projetos e a gestão por processos de negócios (SILVA, 2013).

A Figura 2.1 apresenta as principais disciplinas que compõe a Ciência e Tecnologia de Processos, esta figura descreve a fusão das quatro áreas de estudos que lidam com modelos de processos discretos, que são integradas e unificadas ao centro, formando uma única área de contração: a CTP.

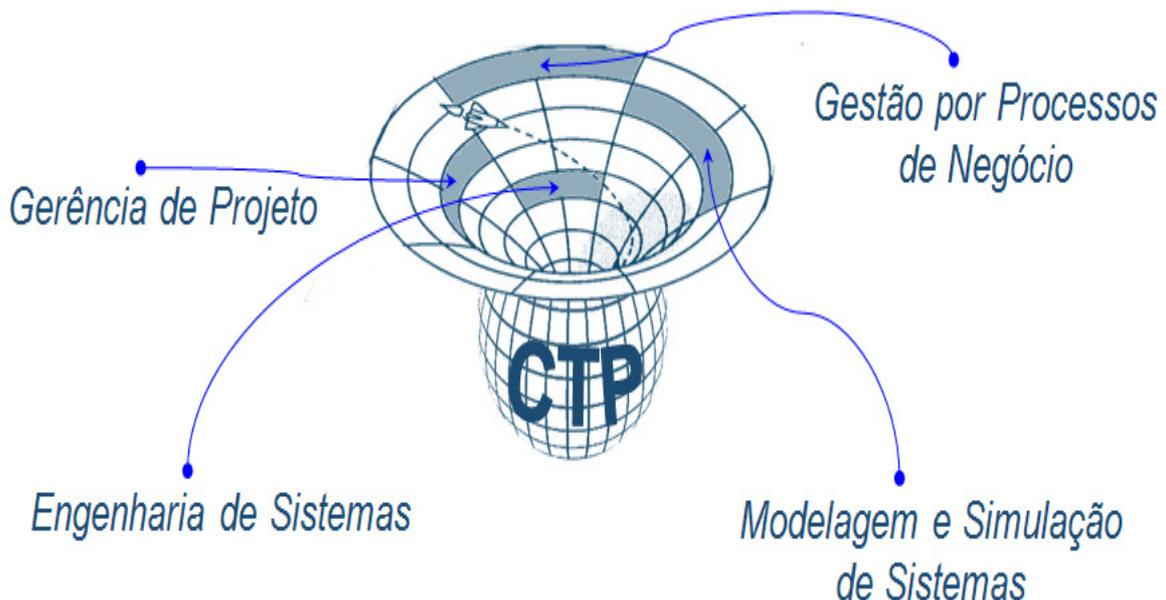


Figura 2.1 - Ilustração sobre a CTP
Fonte: Silva (2013)

2.1.2 Framework para Ciência e Tecnologia de Processos

Um estudo de Ciência e Tecnologia de Processos (CTP) é definido como a aplicação de uma abordagem sistemática (*Framework CTP*) em um problema

envolvendo processos discretos complexos, como aqueles existentes no desenvolvimento de produtos e serviços de alta tecnologia, típicos das missões espaciais.

O *Framework* CTP compõe-se de uma arquitetura de conhecimento sobre processos, de um método para evolução dos modelos ao longo do seu ciclo de vida e de um ambiente de apoio constituído pelas ferramentas computacionais que são utilizadas no estudo.

A arquitetura do conhecimento sobre processo é o resultado da integração de diferentes domínios de conhecimentos e das diversas formas de visão de modelos associados aos agentes envolvidos na execução de um projeto de engenharia concorrente de sistemas, conforme apresenta a Figura 2.2.

Os retângulos arredondados correspondem aos processos de transformação, os cilindros aos bancos de dados com informações sobre o estado atual do modelo que está em desenvolvimento e as setas mostram a direção do fluxo de execução ao longo do tempo (KIENBAUM et al., 2012).

Na Figura 2.2 pode ser observado que a Engenharia de Sistemas e a Gestão de Projetos são duas técnicas consideradas complementares e que devem ser integradas para descrição e evolução de um modelo unificado do produto ao longo do seu ciclo de vida.

Gestão de Processos de Negócios e Simulação e Modelagem de Processos também são consideradas duas técnicas complementares integradas, utilizadas para a descrição de um modelo unificado do processo de gestão da organização ao longo do ciclo de vida do produto.

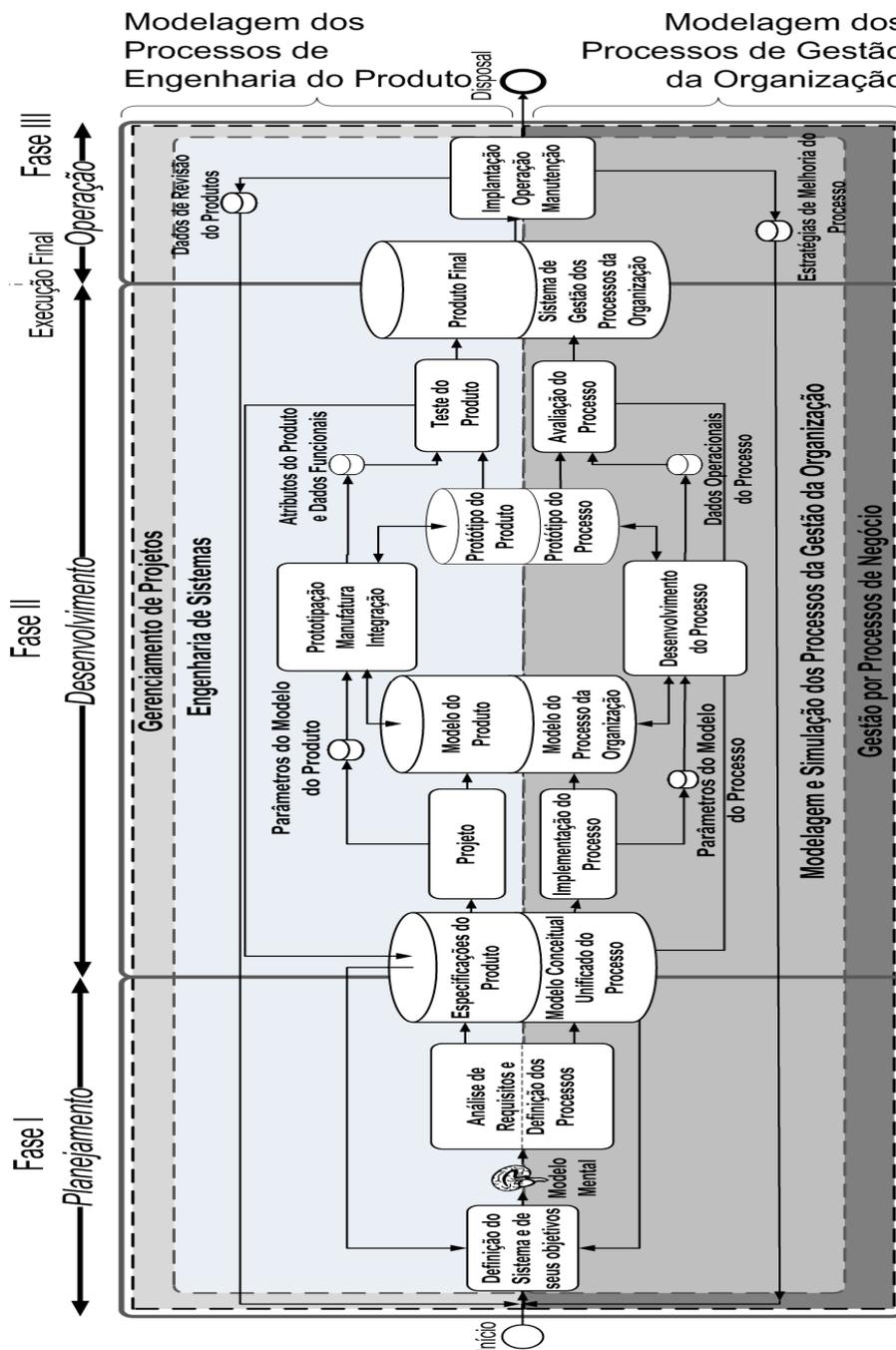


Figura 2.2 - Arquitetura de conhecimento de CTP
 Fonte: Kienbaum et al. (2012)

A arquitetura de conhecimento, ilustrado na Figura 2.2, faz uso das seguintes coordenadas: o eixo “x” ou coordenada horizontal mostra a evolução no tempo dos processos de engenharia do produto e respectivos processos de gestão da

organização, o eixo “y” ou coordenada vertical mostra a simetria e a integração do “produto / processo de engenharia de sistema” com o processo de gestão da organização, e o eixo “z”, coordenada ortogonal ao plano da figura, embora não explicitamente descrito, leva em consideração a decomposição hierárquica do sistema.

A aplicação de CTP é uma alternativa onde se usa uma abordagem transdisciplinar, unificando conceitos e técnicas para o estudo de sistemas complexos. Ela difere da metodologia tradicional ao dar ênfase à criação de um modelo conceitual unificado do processo do ciclo de vida do produto como ponto de partida para a modelagem, sobre o qual serão aplicadas as diversas técnicas provenientes das diferentes disciplinas com as quais se pretende trabalhar na análise desse processo. A abordagem tradicional, mesmo quando faz uso de diferentes visões do mesmo problema, ela o faz utilizando áreas de conhecimento e técnicas independentes e depois tentando construir a solução geral do problema a partir da justaposição destes resultados individuais, o que resulta em inconsistências do modelo e erros de implementação do produto em fases avançadas do seu ciclo de vida.

2.1.3 Modelagem Conceitual

Segundo Embley e Thalheim (2011), fazer uma modelagem conceitual consiste em se descrever a semântica de aplicações de *software* em um alto nível de abstração. Especificamente, os modeladores conceituais (*conceptual modelers*) descrevem:

- Modelos de estrutura em termos de entidades, relacionamentos, e as restrições;
- O comportamento ou modelos funcionais em termos de estados, transições entre os estados e as ações realizadas em estados e transições;

- As interações e interfaces de usuário em termos de mensagens enviadas e recebidas, informações trocadas, navegação e aparência.

Os diagramas de um modelo conceitual são basicamente uma abstração de alto nível, permitindo que os *Stakeholders* (partes interessadas dentro de um projeto) entendam um ao outro e que a comunicação entre as partes interessadas seja realizada com sucesso. É um grande desafio conseguir adequar um conjunto de construções de modelagem no nível de abstração correto para permitir esta comunicação e formalizar essas abstrações de modelagem de modo que elas mantenham a sua característica de fácil comunicação.

2.1.4 Modelagem Conceitual para Simulação

A Modelagem Conceitual é o processo de criação de um modelo computacional em um nível alto de abstração, independente de linguagens ou de plataformas específicas nas quais ele virá a ser implementado. Em termos gerais, a Modelagem Conceitual para Simulação está relacionada com a abstração dos aspectos lógicos essenciais de um modelo tomando por base um sistema real ou proposto (ROBINSON, 2008). Pidd (2003) ainda afirma que o desafio na modelagem conceitual é obter uma abstração apropriada e simplificada da realidade. Robinson (2008) identifica alguns elementos chaves que envolvem a Modelagem Conceitual para Simulação:

- Modelagem Conceitual está relacionada com a transição de uma situação problema, por meio de requisitos de modelo, para a definição de “o que” será modelado e “como” será modelado;
- Modelagem Conceitual é iterativa e repetitiva, com o modelo sendo continuamente revisado por meio do estudo da modelagem;
- Ambas as perspectivas, do cliente e do modelador, são importantes para o Modelo Conceitual.

Em sequência ao trabalho de Robinson (2008), Onggo (2009) e (2010) iniciam uma discussão sobre como representar o modelo conceitual para simulação de sistemas. Com isso, eles propõem uma Representação Unificada do Modelo Conceitual, que consiste em uma representação padrão multifacetada do modelo conceitual para simulação, ou seja, para cada componente do modelo conceitual (organizados em domínio do problema e domínio do modelo) é adotada/sugerida uma forma/diagrama de representação. Nesses trabalhos, Onggo sugere, entre outros, o uso de diagramas com notação BPMN (*Business Process Modeling Notation*) e DCA (Diagramas de Ciclo de Atividades) para as representações no domínio do modelo (ONGGO, 2009 e 2010).

2.1.5 Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos

A Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão de Processos de Negócios proposto por Silva (2013), contempla a modelagem dos processos da gestão da organização, parte da abordagem geral da CTP que foi apresentada através da Figura 2.2. Isto corresponde a visões de um modelo e seus ciclos de vida criados pela agregação de duas disciplinas (Modelagem e Simulação de Processos e Gestão de Processos de Negócios) e sua aplicação para a gestão dos processos da organização.

Uma das principais contribuições, nesta abordagem, se encontra na disposição de seus componentes (processos, artefatos e relacionamentos), destacando-se a simetria existente no ciclo de vida do modelo. Tal simetria evidencia a simplicidade e as semelhanças entre os modelos de processos (o de simulação e o de gestão de negócios) ao longo do ciclo de vida, ficando clara a existência de um modelo de referência único, que contém dados comuns para os modelos de simulação e gestão por processos (SILVA, 2013).

Nesta abordagem, a simulação é parte essencial do ciclo de vida, diferentemente de conceitos tradicionais como PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), como por exemplo, o descrito por Naidoo e Muhlen (2005), que colocam a

simulação no final do ciclo de vida de um modelo de processo como uma ferramenta independente auxiliando apenas na análise e melhoria da descrição do modelo. Na Abordagem Unificada proposta, o modelo do processo e o modelo de simulação estão baseados em um mesmo modelo de referência; Modelagem e Simulação de Processos e Gestão de Processos de Negócios são duas variantes de um processo unificado. Não há necessidade de construir um modelo de simulação separado a fim de conduzir a análise e revisão do modelo (KIENBAUM et al., 2012).

O ciclo inicia-se com a definição do sistema e dos objetivos do estudo, que determinam o âmbito do modelo a ser construído. A especificação da estrutura lógica do modelo de processo a ser usado para gestão da organização, bem como a identificação dos objetivos do estudo são os principais produtos desta fase. O modelo mental é um conceito que precisa ser entendido como o conteúdo lógico do funcionamento do sistema e dos seus objetivos de estudo, de acordo com a metodologia cônica de Nance para modelagem de simulação (NANCE, 1994).

O próximo passo é a construção do modelo de processo comunicativo unificado, para a representação do modelo mental fazendo uso de diferentes formatos, tais como gráficos de fluxo de trabalho e todos os outros tipos de técnicas de diagramação, como exemplificado pelo BPMN, DCA ou diagramas PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) (PRADO, 1984). A definição das entidades e recursos envolvidos e a sua interação para executar a cadeia de atividades também são feitas nesta etapa de modelagem.

O modelo de processo comunicativo passa por uma terceira etapa de transformação, a implementação, gerando aplicações dos modelos que pode ser visto como um sistema executado de acordo com dois diferentes tópicos: um para a execução do processo em modo de produção, com gerenciamento de funcionalidades e outra para a simulação com experimentos para o projeto e construções de possíveis cenários. Ambos os segmentos são alimentados pelo

modelo processo unificado, produzido a partir do conjunto de modelos comunicativo e, em caso de implementações diferentes, verificados para avaliar a sua consistência e validade em relação as especificações do sistema. Os dados coletados durante a operação do sistema real são utilizados como dados de entrada para execução do modelo de simulação, tornando mais fácil a validação e projetando cenários futuros mais confiáveis.

Os resultados das duas linhas de execução (execução de processos / simulação de processo) fornecer informações para a próxima fase do processo de análise e avaliação. Nesta fase do processo utilizam-se as métricas apropriadas e os resultados obtidos para a melhoria do modelo de processo, reiniciando o ciclo.

A Figura 2.3 apresenta o processo completo do ciclo de vida de um modelo de acordo com a Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão de Processos de Negócios.

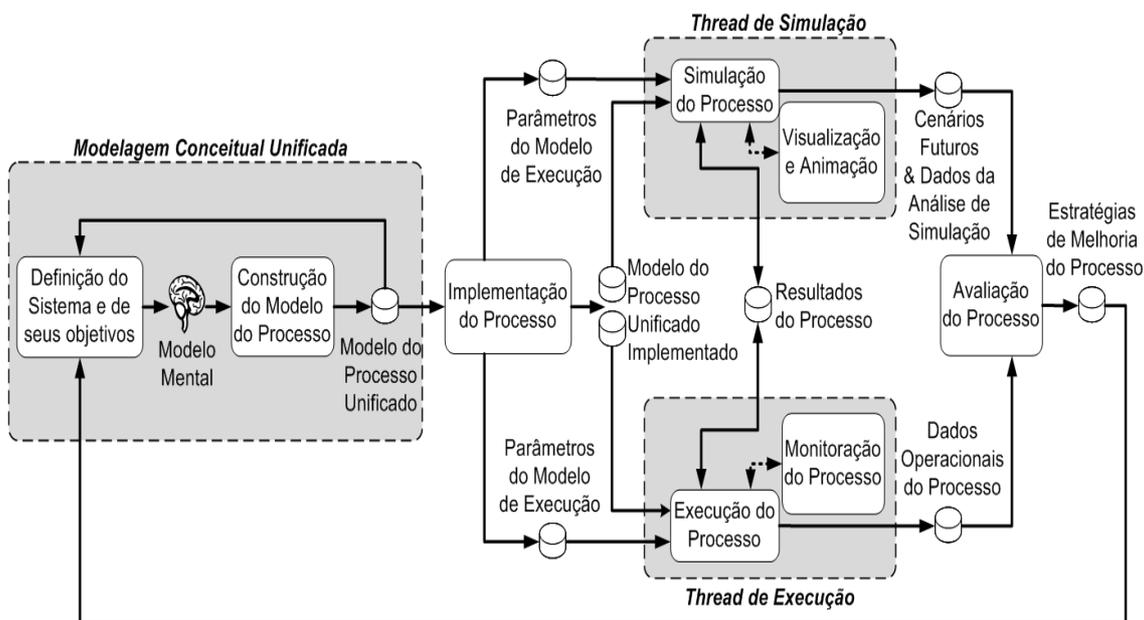


Figura 2.3 - Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e BPM
 Fonte: Silva (2013)

2.1.6 Diagramas para Modelagem Conceitual Unificada de Processos (DMCUP)

Os Diagramas para Modelagem Conceitual Unificada de Processos (DMCUP em português) ou *Unified Lifecycle Management Diagrams* (ULMD em inglês) são uma evolução dos diagramas denominados de Diagramas Unificados para Simulação (DMUS), apresentados por Travassos (2007).

Os diagramas foram criados a partir da união de conceitos em diagramas do tipo PERT, DCA e diagramas do tipo *Workflow* (WFMC, 1999), utilizados respectivamente, na gerência de projetos, simulação de sistemas discretos e gerenciamento de processos. Além da incorporação de conceitos provenientes destas áreas, é feita a introdução de um conceito extra, denominado repositório de recursos, representando depósitos para conter os recursos que serão agrupados pelas entidades ou transações do sistema para a realização de suas atividades (TRAVASSOS, 2007).

Os diagramas DMCUP compõe a base conceitual para o desenvolvimento do modelo de referência, a partir do qual são criadas as representações diversificadas apropriadas. Eles são formados pela união (no sentido de conjunto) da simbologia proveniente de cada uma das áreas citadas anteriormente, em geral aplicadas isoladamente, onde o conceito atividade constitui o elo comum, em torno do qual os demais são dispostos (TRAVASSOS, 2007).

A representação utilizando DMUS ou DMCUP considera a possibilidade de replicação ou reinstanciação dos processos representativos de projetos, resultando em vários projetos semelhantes de execução simultânea, cujos inícios podem ser defasados no tempo. Desta forma um problema da área de projetos pode ser interpretado e tratado como um processo de produção em série, equivalentes aos processos industriais (TRAVASSOS e KIENBAUM, 2003).

Um ambiente integrado de suporte à modelagem utilizando este tipo de diagrama deve permitir o desenvolvimento de um vasto conjunto de modelos em aplicações típicas provenientes tanto da área industrial como de serviços, particularmente da área de gerenciamento de projetos, bem como a sua utilização para a gestão automatizada de processos em geral (TRAVASSOS, 2007). A tabela 2.1 apresenta o conjunto atual de símbolos utilizada na notação DMCUP, juntamente com suas respectivas definições.

Tabela 2.1 – Descrição dos símbolos DMCUP

| Símbolo | Descrição |
|---|---|
|  | caixa representa atividade; |
|  | barras duplas representam um ponto de início do processo ou um ponto de finalização do processo, dependendo da posição da seta; |
|  | círculo simples representa fila de recursos; |
|  | círculo duplo representa um repositório de recurso; |
|  | losângulo , com texto 'or' ou 'and', representa um desvio condicional onde um ou mais caminhos podem ser percorridos pela entidade. Anteriormente representado por um círculo. |
|  | estrela representa prioridade maior de um processo |
|  | sinal de mais em uma caixa representa uma atividade que contém outros processos (subprocesso) |

Fonte: Silva (2013)

2.1.7 Modelagem Conceitual Unificada de Processos para Engenharia Simultânea (MCUP)

A denominação de Modelagem Conceitual Unificada de Processos é um conceito original deste trabalho, pois não foram encontradas definições anteriores na literatura pesquisada para descrever a criação de um modelo de processos representativo do ciclo de vida de um produto utilizando diversas técnicas de forma simultânea e integrada.

O modelo conceitual, podendo também ser chamado de modelo lógico, é usado para designar a descrição do sistema formada na mente do modelador a partir de todas as abstrações, generalizações e simplificações feitas por ele para apreensão do conhecimento (conteúdo lógico) sobre o sistema tendo em vista o objetivo específico do estudo que está sendo considerado.

O modelo comunicativo é a representação do modelo conceitual em forma de diagrama, textos, imagens ou qualquer outro meio que permita a comunicação e discussão do mesmo entre as partes interessadas.

O modelo conceitual e seus respectivos modelos comunicativos devem possuir o mesmo conteúdo lógico, pois são representações de um mesmo sistema, sendo conjuntamente designado como modelos de processos do sistema, resultante de visões multifacetadas do sistema, obtida com base em vários domínios de conhecimento ou disciplinas, ditos dimensões.

O modelo de referência é construído aplicando-se uma abordagem sistemática e uma notação específica, onde é extraído o conteúdo lógico do sistema em observação e feita sua representação utilizando-se conceitos de alto grau de abstração. A partir dele são construídos os demais modelos diversificados de acordo com cada disciplina, explorando-se a complementaridade dos conceitos destas diversas áreas de conhecimento e buscando-se sua integração e unificação.

O modelo de referência é criado logo no início do processo de modelagem. No modelo de referência estão contemplados simultaneamente os ciclos de vida do produto e de sua organização produtora. Além do modelo de referência, distingue-se também o modelo descritivo do produto (ou modelo de engenharia), o modelo para fins de simulação do ciclo de vida de produção e o modelo para gestão dos processos da organização.

A Figura 2.4 apresenta o processo de Modelagem Conceitual Unificada de Processos aplicada ao ciclo de vida de desenvolvimento do produto em Engenharia Simultânea (MCUP).

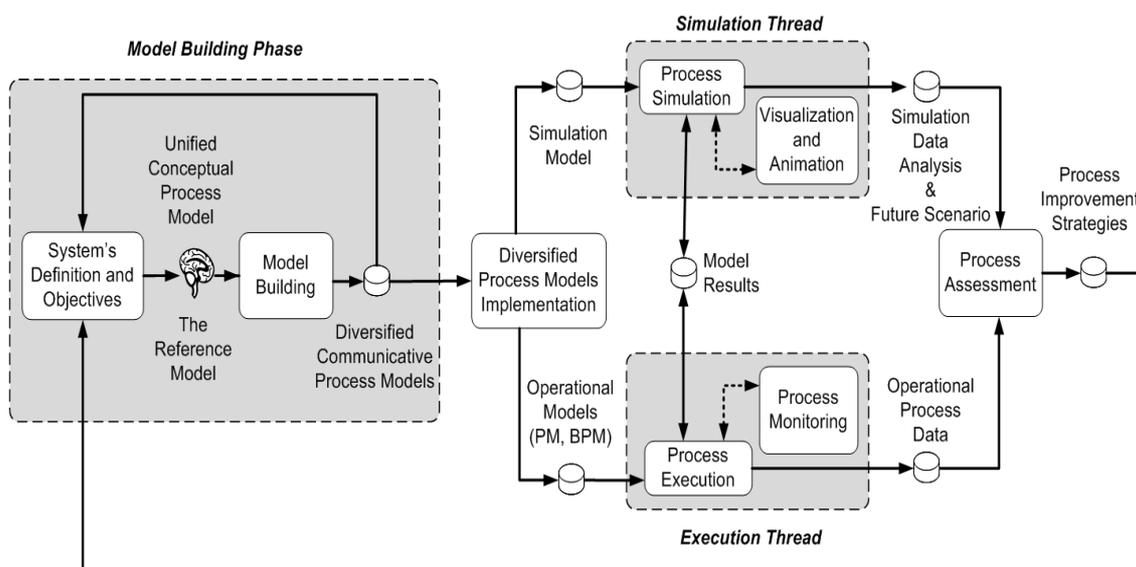


Figura 2.4 – Ciclo de Vida dos Modelos de Processo na MCUP
 Fonte: Modificado de Silva (2013)

Observe-se com atenção a alteração feita na fase de modelagem do processo, visando explicitar com clareza o significado de modelo de referência (ou Modelo Conceitual Unificado do Processo), criado utilizando-se a notação DMCUP, e diferenciá-lo dos modelos comunicativos do processo, que utilizam diferentes tipos de representações, de acordo com cada uma das técnicas que serão utilizadas para sua extensão e implementação. O modelo de referência é único, podendo, entretanto, ser observado do ponto de vista do seu conteúdo

lógico, em cujo caso ele é designado como modelo conceitual unificado do processo, ou do ponto de vista de sua representação gráfica em DMCUP, em cujo caso ele recebe a denominação de modelo de referência. Este cuidado visa respeitar a terminologia adotada com base em Nance (1994) e também deixar clara a forma progressiva de criação dos modelos preconizada pela metodologia MCUP.

Os demais modelos de processos comunicativos criados aparecem representados na figurada seguinte forma: no ramo superior do processo de MCUP está apresentado o modelo de processo para simulação do ciclo de vida do produto. Na parte inferior da figura estão apresentados os demais modelos de processos ditos operacionais, correspondentes: ao modelo para execução da engenharia de sistemas, ao modelo para gerência do projeto e ao modelo para gestão por processos de negócios da organização produtora.

O ramo inferior representa todos os processos que são realizados em tempo real pela organização para fins de execução dos seus projetos de engenharia simultânea, com exceção do processo de simulação do ciclo de vida do produto, que fica representado no ramo superior da Figura 2.4. Como um elo central de ligação entre todos os tipos de modelos se encontra o Modelo de Referência dos Processos do Ciclo de Vida do Produto, que é modelo de referência do qual derivam os modelos complementares específicos de cada disciplina (SILVA, 2013).

O Modelo de Referência é o modelo unificado mais simples representante dos processos do ciclo de vida do produto que contempla os objetivos do estudo e ele serve como um elo comum que interliga todos os demais modelos, que resultam de sua extensão, com conceitos e técnicas específicas de cada uma das demais disciplinas.

No Modelo (de Referência) dos Processos do Ciclo de Vida do Produto são consideradas os processos ou macroatividades no nível mais alto possível, que são decompostos apenas quando se torna necessário detalhar atividades do

sistema que precisam ser consideradas em todos os modelos de subprocessos correspondentes às demais disciplinas. Quando apenas uma disciplina precisa de mais detalhes, os aspectos de interesse podem ser estudados isoladamente dentro desta disciplina, desde que as interfaces de entrada e saída da macroatividade do modelo de referência tenham sua consistência mantida.

Segundo Silva (2013), um exemplo dos relacionamentos acima seria: para fins do modelo de referência utiliza-se uma macroatividade, realizada por uma classe de trabalhadores; para fins da realização da simulação complementa-se o modelo de referência com os parâmetros necessários à realização da corrida de simulação (projeto de experimentos); para fins do modelo de gestão decompõe-se a macroatividade em subcomponentes menores, correspondentes a atividades distintas e realizadas por pessoas diferentes pertencentes a esta classe.

2.1.8 Aplicação da MCUP em Engenharia de Sistemas

Para fins de ilustração da aplicação da MCUP em Engenharia de Sistemas, considere-se o macroprocesso representativo da fase inicial do projeto em um ciclo de vida do desenvolvimento de um produto. A descrição dos modelos dela resultantes é feita abaixo, na seguinte ordem: criação do modelo de referência; criação do modelo de engenharia de sistemas (denominado de modelagem descritiva do produto); modelagem para simulação e modelagem para gestão por processos.

2.1.8.1 Criação do Modelo de Referência

A Figura 2.5 representa o modelo de referência para o ciclo de vida do produto aplicado apenas à fase de projeto, na qual são definidas as características técnicas do produto, a partir dos requisitos definidos pelos *stakeholders*.

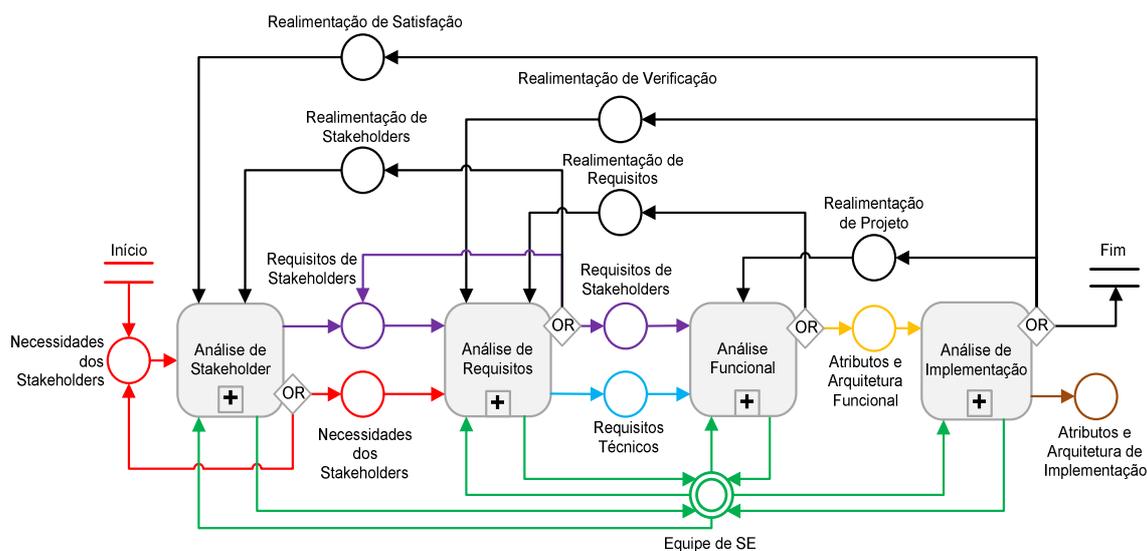


Figura 2.5 – Modelo de Referência da Fase de Projetos do Ciclo de Vida do Produto na MCUP
 Fonte: Silva (2013)

Para cada produto em desenvolvimento, haverá apenas um modelo (de referência) dos processos do seu ciclo de vida. A modelagem do ciclo de vida do produto é feita para se determinar o fluxo das atividades e os atributos de tempo relacionados com os processos componentes do ciclo de vida. Os elementos principais deste processo de modelagem são as macroatividades pertencentes ao fluxo de produção que necessitam também ser consideradas nos demais modelos de processos. Os demais modelos de processos podem ter atividades adicionais resultantes da decomposição de uma macroatividade deste processo principal, desde que o modelo de referência se mantenha consistente (SILVA, 2013).

2.1.8.2 Modelagem Descritiva do Produto

O processo de modelagem descritiva mostrado na Figura 2.6 retrata a fase inicial do ciclo de vida do produto, cobrindo sua concepção e projeto conceitual do ponto de vista do engenheiro de sistemas, sendo o equivalente do modelo de referência mostrado na Figura 2.5. Durante este processo é feita a divisão do produto em elementos funcionais e físicos menores, que serão descritos por

seus atributos funcionais e físicos, respectivamente. O foco da modelagem descritiva é identificar os atributos de desempenho do produto e suas características físicas (SILVA, 2013).

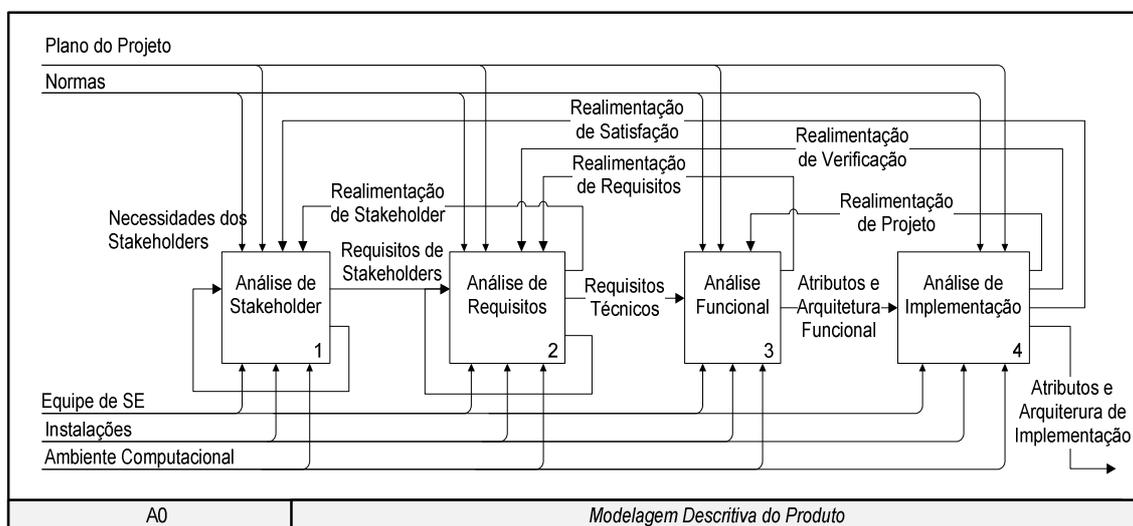


Figura 2.6 – Processos da Modelagem Descritiva do Produto na MCUP – IDEF0
Fonte: Silva (2013)

2.1.8.3 Modelagem do Ciclo de Vida do Produto para Simulação

A Modelagem dos Processos do Ciclo de Vida do Produto para Simulação é construído a partir do modelo de referência, utilizando-se a representação específica disponibilizada pelo sistema de simulação proprietário de cada fabricante.

O importante é a utilização do modelo de referência, expresso em DMCUP, como primeira etapa da criação do modelo para simulação de processos. Após definido o mapa completo dos processos, o simulador é formado pelo modelo de processos criado utilizando a representação específica de cada fabricante, que precisa ser acrescida ainda com o projeto de experimentos. A construção de um modelo de simulação a partir do modelo de referência do sistema está demonstrada em detalhes na descrição da metodologia feita no Apêndice A deste trabalho, utilizando o modelo da livreria on-line.

2.1.8.4 Modelagem do Ciclo de Vida do Produto para Gestão por Processos

O Modelo da Organização para Gestão por Processos para o Ciclo de Vida do Produto é apresentado através da Figura 2.7, correspondente à fase de concepção e projeto conceitual, representativo da visão do gerente administrativo.

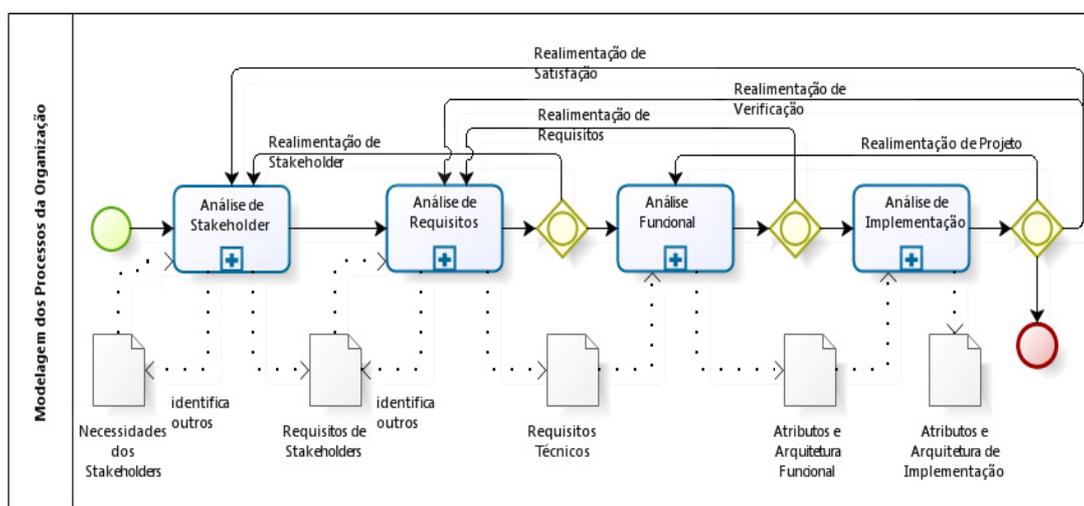


Figura 2.7 – Modelagem da Organização para Gestão por Processos na MCUP
Fonte: Silva (2013)

Para cada produto em desenvolvimento haverá organizações encarregadas da execução dos processos do ciclo de vida deste produto. A modelagem dos processos de gestão da organização precisará ser complementada com outros aspectos ainda não considerados nos modelos aqui mostrados. Por exemplo, ela deve considerar o fato de que a organização pode ser responsável por diversos tipos de linha de produção que necessitam ser balanceadas para se obter o melhor uso dos recursos disponíveis ou que ela possui interfaces externas com outras organizações fornecedoras e clientes. Esta modelagem deve considerar também atributos relacionados com a produtividade e os riscos de operação da organização. Exemplos desses atributos podem ser: custo, capacidade, risco de falhas e de não atendimento de demanda.

3 O SERVIÇO DE GARANTIA DO PRODUTO

Este capítulo apresenta uma breve definição sobre qualidade, juntamente com as normas e as organizações que padronizam o sistema de qualidade de uma organização. Além disso, apresenta o estudo de caso utilizado na pesquisa e descreve os departamentos que compõe o departamento de Serviço de Garantia do Produto, juntamente com suas principais atividades.

Os modelos de processos das principais atividades realizadas pelo SGP durante o programa CBERS foram criados utilizando a ferramenta BPMS *Bizagi Process Modeler*. Estes modelos são apresentados e descritos no Apêndice B.

3.1 Qualidade

Segundo a ABNT (2005), qualidade é o grau no qual um conjunto de características inerentes satisfaz a requisitos. Um Sistema de Gestão da Qualidade é responsável por dirigir e controlar uma organização no que diz respeito à qualidade.

Segundo Juran, (1999) qualidade são aquelas características do produto que atendem as necessidades dos clientes e, portanto, promovem satisfação com o produto. Ainda segundo Juran (1999), a qualidade consiste na ausência de deficiências.

Com a proposta de uma abordagem de gestão da qualidade baseada em evidências estatísticas, focada na redução contínua das variabilidades dos processos, Deming (1990) define qualidade como “atender continuamente às necessidades e expectativas dos clientes a um preço que eles estejam dispostos a pagar”.

Enfatizando o lado humano da qualidade, Ishikawa (1984) acreditava na importância da comunicação, envolvimento dos participantes e na liderança dentro de uma organização. Uma das principais contribuições de Ishikawa (1984) foi o desenvolvimento de ferramentas de controle da qualidade, como,

por exemplo, o Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama de Ishikawa. Esta ferramenta permite estruturar de forma hierárquica as causas potenciais de um determinado problema ou também uma oportunidade de melhoria, assim como seus efeitos sobre a qualidade dos produtos.

O termo “qualidade” é geralmente empregado para demonstrar a “excelência” de um produto ou serviço. A Gestão da Qualidade pode ser entendida como uma atividade coordenada para dirigir e controlar uma organização visando à melhoria de produtos e/ou serviços para satisfazer as necessidades das partes interessadas.

A Gestão da Qualidade é reconhecidamente uma importante área de conhecimento focada na melhoria contínua de produtos, serviços e processos de negócios. Para obter um sistema de Gestão da Qualidade eficiente é necessária uma mudança de mentalidade de todos os integrantes da organização, principalmente por parte da gerência.

3.1.1 Normas Organizacionais

A Gestão da Qualidade é abordada, amplamente, nas normas e nos modelos de maturidade de processos, com o objetivo de conduzir a realização de atividades de uma maneira organizada, padronizada, disciplinada e baseadas em um conjunto de atividades bem definidas, visando atender as necessidades das partes interessadas.

A partir da necessidade de se estruturar e padronizar os processos e os sistemas de gestão da qualidade das organizações, a nível mundial, surgiu as Normas Certificadoras da série ISO 9000, em 1987. Com mais de 19500 normas internacionais, a ISO (*International Organization for Standardization*) é a maior desenvolvedora de normas internacionais no mundo (ISO, 2013).

As normas da série ISO estabelecem requisitos obrigatórios a serem atendidos pelas organizações, na implantação de um sistema da qualidade. No Brasil, a

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) é representante oficial da ISO e responsável pela divulgação das normas da série ISO 9000 no país. As normas da família ABNT NBR ISO 9000 são desenvolvidas para apoiar organizações, de todos os tipos e tamanhos, na implementação e operação de sistemas de gestão da qualidade eficazes (ABNT, 2005).

Existem outros modelos de maturidade de processos, como o CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) (CMMI, 2014). Desenvolvido pelo SEI (*Software Engineering Institute*) da Universidade Carnegie Mellon (EUA), o CMMI é uma evolução do CMM (*Capability Maturity Model*) que manteve a característica principal deste último, a escala dos níveis de maturidade e suas classificações, enriquecendo as definições no novo modelo (CMMI, 2013).

3.1.2 Normas Organizacionais para Área Espacial

Dentro da área espacial existem organizações que trabalham para melhorar a normalização, como a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e a ECSS (*European Cooperation for Space Standardization*). O INPE, que teve seu desenvolvimento inicialmente ligado ao programa espacial francês e Europeu, tem seus métodos de gerenciamento, engenharia e garantia do produto influenciado pelos padrões estabelecidos pelas normas ECSS. Esses padrões, mesmo sendo seguidos em linha gerais, são normalmente adaptados para a realidade de cada missão (YASSUDA, 2010).

A ECSS foi criado em 1993, constitui-se em uma iniciativa de países europeus, através da Agência Espacial Europeia (ESA), agências espaciais nacionais e associações empresariais, para o estabelecimento de normalização na área espacial com a finalidade de desenvolver e manter padrões comuns (YASSUDA, 2010).

Os requisitos desta norma são definidos em termos do que deve ser realizado, e não em termos de como organizar e realizar o trabalho necessário. Isso permite que as estruturas organizacionais e métodos a serem aplicados onde

são eficazes, e para as estruturas e métodos para evoluir, se necessário sem reescrever as normas.

3.2 SGP

Para a execução das atividades relacionadas à garantia da qualidade, dentro de um programa espacial, o Serviço de Garantia do Produto do INEP se divide em três subgrupos, conforme ilustrado por meio da Figura 3.1, sendo: Garantia da Qualidade, Confiabilidade e Partes, Materiais e Processos.

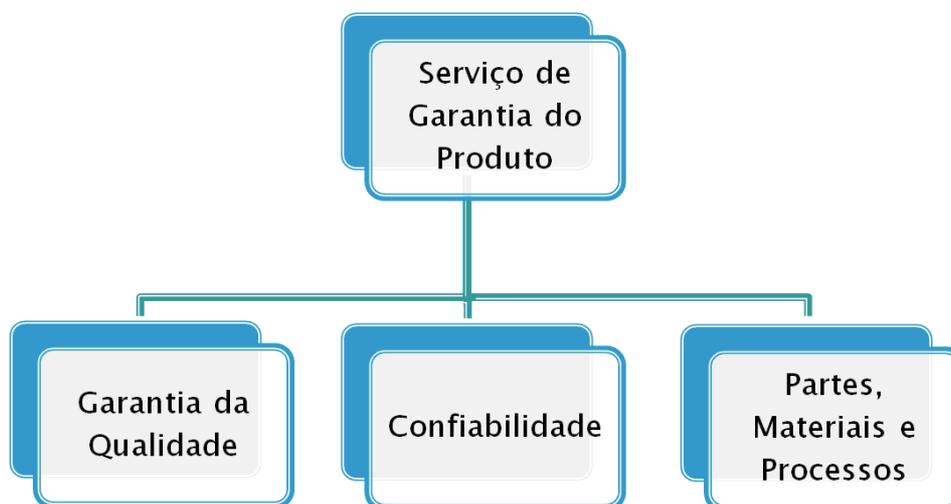


Figura 3.1 – Estrutura organizacional do Serviço de Garantia do Produto

3.2.1 Garantia da Qualidade

Garantia da Qualidade é o acompanhamento sistemático e avaliação dos diferentes aspectos de um produto ou serviço para garantir que padrões de qualidade estão sendo cumpridos. O objetivo da Garantia da Qualidade é assegurar que produtos espaciais cheguem ao objetivo definido na missão em segurança, validade e confiável.

A identificação de aspectos potencialmente prejudiciais para a segurança e sucesso da missão, além da prevenção eficaz de qualquer consequência

adversa, são princípios básicos dentro do conceito da Garantia da Qualidade (ECSS(a), 2008).

Dentre as responsabilidades da Garantia da Qualidade, pode ser destacado:

- A realização de inspeções ao longo da produção (Mandatory Inspection Point – MIP), pois assim pode-se evitar que alguma discrepância passe despercebida e só venha a ser notada durante os testes finais (SOUZA, 2011).
- O acompanhamento e monitoramento dos testes, onde se atesta que os equipamentos de teste estão adequadamente preparados e calibrados, mantendo todos os registros necessários.
- O tratamento de não conformidades (tudo aquilo que não atende aos requisitos do projeto), onde é realizado o MRB (Material Review Board) para julgar e dar uma disposição aos não atendimentos de requisitos.
- A auditoria da qualidade, que é o processo sistemático e documentado, para obter registros, apresentação de fatos ou outras informações e avaliá-la objetivamente para determinar a extensão no qual o conjunto de políticas, procedimentos ou requisitos são atendidos (ABNT, 2005).

3.2.2 Confiabilidade

Segundo Leemis (1994) a confiabilidade pode ser definida como "a probabilidade de desempenhar adequadamente o seu propósito especificado, por determinado período de tempo e sob condições ambientais predeterminadas". Sendo assim, uma das finalidades da confiabilidade seria a de definir as margens de segurança para ser utilizada em sistema, subsistema e equipamento, visando seu funcionamento adequado.

A confiabilidade visa possibilitar uma efetiva análise dos riscos associados, minimizando e eliminando potenciais falhas. As ferramentas de confiabilidades,

utilizadas pelo SGP, são: cálculo de confiabilidade, análise de falhas e análise de *Derating*.

O cálculo de confiabilidade envolve toda formulação matemática para estimar a probabilidade do produto operar sem falhas durante um determinado período (geralmente expresso em horas).

A análise de falhas tem o objetivo de identificar potenciais falhas em produtos ou processos, avaliar os efeitos e causas da falha e definir ações de mitigação. Existem duas ferramentas para esta análise: a FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) que analisa gravidade das consequências das falhas e a FMECA (*Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis*) que é um complemento da FMEA, onde se tem uma relação entre a gravidade e a probabilidade de determinada falha acontecer.

A análise de *Derating* refere-se à intenção de reduzir stress mecânico, térmico e elétrico em componentes de nível abaixo do especificado e pode proporcionar margens de segurança para o projeto. É também um meio de prolongar o tempo de vida útil de um componente, aumentando a confiabilidade e melhorando seu desempenho no fim do ciclo de vida de um equipamento (ECSS(b), 2008).

3.2.3 Partes, Materiais e Processos (PMP)

A principal atividade nesta área do SGP é a especificação apropriada de padrões de qualidades para o uso de partes, materiais e processos em um produto espacial com relação à previsão operacional de seu tempo de vida útil, condições ambientais operacionais e potenciais perigos (LEY et al., 2009).

Existem listas de materiais e componentes qualificados para uso espacial, sugeridas, por exemplo, pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) ou pela ESA (*European Space Agency*). Entretanto, em alguns casos não é possível aplicar, para a fabricação do produto, este nível de

aceitação. Qualquer material ou componente com qualificação espacial é mais caro e sua obtenção é mais complexa em comparação aos componentes de nível militar ou comercial.

Desta forma, faz-se necessário, em algumas situações, a realização de uma busca por materiais e componentes não qualificados para uso espacial que consigam satisfazer os requisitos da missão.

Para a utilização de partes e materiais não qualificados para uso espacial, a contratada deve enviar, formalmente, um PAR (*Part Approval Request*) e um MAR (*Material Approval Request*), respectivamente. Estes pedidos devem ser avaliados e julgados através de um PMPCB (*Part, Material and Process Control Board*).

A aprovação de processos não qualificados para uso espacial, no SGP, não é julgado pelo PMPCB. A contratada deve gerar e implementar um plano de qualificação para ser julgado pelo analista de processos e o mesmo deverá avaliar o conteúdo proposto para liberar o certificado de conformidade para o seu uso.

3.3 O Problema Utilizado no Estudo de Caso

Um programa espacial compreende diversos tipos de missões. Neste estudo de caso será abordado o programa CBERS (*China Brazil Earth Resources Satellite*), que nasceu da parceria entre Brasil (INPE) e China (CAST - *China Association for Science and Technology*) no setor técnico-científico espacial.

Este programa contempla o desenvolvimento e construção de satélites de sensoriamento remoto, onde a divisão de investimento de recurso é de cinquenta por cento entre os dois países.

Para a realização de uma missão, unem-se várias partes que formam sua arquitetura. Cada um dos componentes desta arquitetura é designado segmento. Os mais importantes são:

- Segmento Espacial – formado pela carga útil e plataforma do satélite;
- Segmento Lançador – formado pelo lançador e a infraestrutura necessária para sua operação;
- Segmento Solo – formado pelos sistemas de comando, controle e comunicação;
- Segmento Usuário – formado pela infraestrutura necessária para o processamento e distribuição ao usuário final.

O Segmento Espacial (satélite) é foco deste estudo de caso, pois é a área onde o SGP atua durante o programa CBERS. Dentro de um programa espacial, o processo de estabelecimento da arquitetura do Segmento Espacial é uma das fases mais importantes do projeto, pois qualquer falha pode comprometer toda a missão. Portanto, é necessário dar ênfase a qualidade deste Segmento.

Para sistematizar o trabalho de engenharia requerida no projeto, o satélite é dividido em subsistemas e os subsistemas divididos em equipamentos dentro de determinadas áreas de competência (Arquitetura Mecânica, Elétrica e de Software) (SOUZA, 2011).

Em um sistema espacial, projetos são divididos em fases sequenciais, separadas por reuniões formais de revisão, que aprovam ou não a passagem para a fase seguinte do projeto, oferecendo um melhor controle gerencial. Coletivamente, essas fases são conhecidas como o ciclo de vida do projeto. Este termo é utilizado comumente no gerenciamento de sistemas complexos como satélites.

As fases do projeto são compostas por vários processos, que por sua vez, poderão apresentar subfases para conjuntos de processos mais específicos. Sendo assim, a partir de uma visão macro, podem-se dividir as fases em processos, os quais poderão representar subfases, que por sua vez poderão agregar subprocessos, até chegar aos processos de fácil execução.

As fases do ciclo de vida do programa CBERS podem ser ilustradas através da Figura 3.2:

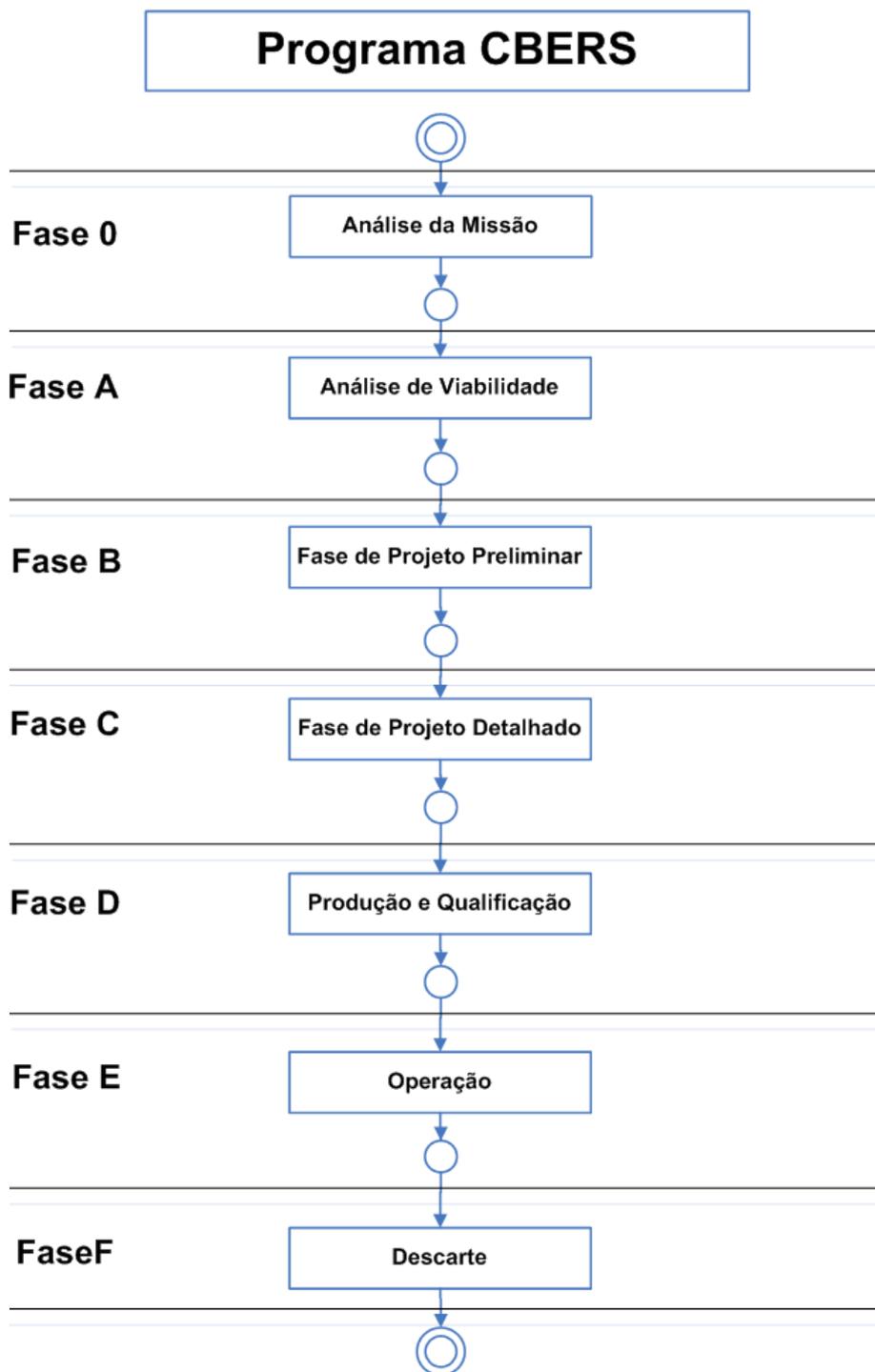


Figura 3.2 - Fases do ciclo de vida de um satélite em DMCUP
Fonte: Adaptado de ECSS (2009a)

O principal objetivo de organizar o projeto em fases sequenciais é elevar ao máximo a confiabilidade do produto final. Com este intuito, é desenvolvido uma sequência de modelos até chegar a um produto final que atenda a todas as especificações da missão (SILVA; PERONDI, 2010). Projetos usuais contemplam minimamente os seguintes modelos:

- Modelo de Engenharia (ME) – deve ser representativo quanto à funcionalidade e desempenho;
- Modelo de Qualificação (MQ) – deve ser completo e representativo do Modelo de Voo, de modo a demonstrar que o projeto e a fabricação atendem, com margem suficientes, todas as especificações da missão;
- Modelo de Voo (MV) – deve ser fabricado utilizando exatamente os mesmos processos, ferramental e sequência utilizada na fabricação do Modelo de Qualificação.

Os subsistemas do satélite CBERS, de responsabilidade dos parceiros brasileiros, são desenvolvidos por empresas contratadas pelo INPE. O SGP tem por finalidade supervisionar estas empresas, durante a fase preliminar até o lançamento do satélite, afim de que se tenha a certeza de que os padrões de qualidades, adequados para a área espacial, estão sendo aplicados apropriadamente e que todos os requisitos estão sendo cumpridos conforme especificado.

O SGP tem a função de assegurar que a fabricação, a integração e os testes de um satélite foram realizados em concordância com os requisitos do projeto e normas aplicáveis. Também pode ser definida como o conjunto de atividades implementadas no sistema da qualidade para verificar a conformidade entre as características do produto e os requisitos estabelecidos dentro de um programa espacial (SOUZA, 2011).

Em outras palavras, a principal responsabilidade do SGP é assegurar que produtos espaciais cheguem ao objetivo definido na missão em segurança, validade e confiável.

A identificação precoce de potenciais falhas ou aspectos prejudiciais que podem comprometer a segurança e o sucesso da missão, assim como uma eficiente prevenção de qualquer consequência adversa em uma missão espacial são princípios de um departamento de garantia do produto.

Em um programa espacial, as atividades desenvolvidas tanto na FASE 0 (análise da missão) quanto na FASE A (análise de viabilidade) do projeto são responsabilidades da gerência do programa. Sendo assim, dentro do programa CBERS, o SGP inicia sua participação na FASE B (fase de projeto preliminar) do projeto, quando ocorre a PDR (*Preliminar Design Review*).

A revisão preliminar do projeto define uma linha de base para as especificações técnicas, ou seja, define requisitos, restrições e os critérios que serão usados para a verificação dos requisitos.

Após a aprovação da PDR, é iniciada a FASE C (fase de projeto detalhado) com a fabricação do Modelo de Engenharia. Esta fase tem o objetivo de verificar se o projeto vai atender aos requisitos estabelecidos. Na fabricação do modelo de engenharia não é necessário um ambiente controlado (temperatura, umidade e contaminação), nem mesmo o uso de componentes eletrônicos qualificados para uso espacial. Entretanto os componentes utilizados devem ser equivalentes aos espaciais.

Ao término da fabricação do Modelo de Engenharia é realizada a CDR (*Critical Design Review*). A revisão crítica do projeto estabelece uma linha de base para a documentação do projeto. A versão final desta documentação, após as correções sugeridas por uma banca examinadora, da qual o SGP faz parte, constituirá a linha de base do produto e deverá ser usada como referência para a fabricação do modelo de qualificação.

Com a aprovação da CDR, inicia-se a FASE D (produção e qualificação) do projeto com a fabricação do Modelo de Qualificação. Para validação deste modelo, diferentemente do Modelo de Engenharia, os componentes eletrônicos deverão ser qualificados para uso espacial. Utiliza-se mão de obra certificada em montagem aeroespacial, controle de temperatura, umidade e contaminação. Nesta fase são realizados testes minuciosos e os respectivos resultados devem ser apresentados a banca examinadora para verificar se todos os requisitos foram atingidos.

Durante todo o desenvolvimento do projeto, as empresas contratadas devem apresentar ao INPE toda a evolução do produto, juntamente com a documentação gerada ao longo do processo. O SGP, por sua vez, deve verificar se o produto e a documentação apresentada estão em conformidade com os requisitos do projeto e, se necessário, sugerir a contratada possíveis correções.

Com o término da fabricação do Modelo de Qualificação é realizado a QR (*Qualification Review*). A revisão de qualificação do projeto é o momento em que se aprovam todas as características físicas e funcionais do produto necessárias para a produção, aceitação, operação, suporte e descarte do produto.

A partir da aprovação do Modelo de Qualificação é iniciada fabricação do Modelo de Voo. Ambos os modelos são fabricados seguindo processos idênticos. Através do desenvolvimento de projetos na área espacial, baseada em modelos, é possível a qualificação do produto final por similaridade, garantindo que o Modelo de Voo suportaria todas as condições hostis ao qual o Modelo de Qualificação foi submetido.

Entretanto não se faz necessário submeter o Modelo de Voo a testes rigorosos (uma vez que o mesmo já está qualificado) para não haver qualquer estresse, pois este será o modelo lançado ao espaço. Após a finalização da fabricação

do Modelo de Voo é realizado a AR (*Acceptance Review*). A revisão de aceitação segue os mesmos critérios da QR.

Assim que todos os subsistemas foram aceitos com sucesso, inicia-se o AIT (*Assembly, Integration and Test*). Esta é a etapa do projeto em que ocorre a montagem e integração de todos os subsistemas do satélite, juntamente com os testes necessários.

Ocorre também o enchimento dos tanques do satélite com seu propelente e conta com a presença do lançador. O AIT só termina a poucos segundos do instante de ignição dos motores do lançador, quando o satélite está operando na configuração de lançamento (SOUZA, 2011).

A FASE E do projeto começa com o lançamento do satélite. Nesta etapa são verificados os requisitos de integração ao veículo lançador e centro de lançamento aplicável ao satélite.

As empresas contratadas pelo INPE, responsáveis pelo desenvolvimento dos subsistemas brasileiros do satélite CBERS, passam por todos os processos de avaliações necessárias, realizado pelo SGP, para assegurar que os requisitos e as especificações técnicas definidas na missão sejam atingidos com sucesso.

As principais atividades realizadas pelo SGP, durante o ciclo de vida do satélite CBERS, pode ser ilustrada e apresentada (de uma forma macro) por meio da Figura 3.3, que representa um segundo nível de detalhamento das FASES B, C, D e E apresentadas na Figura 3.2.

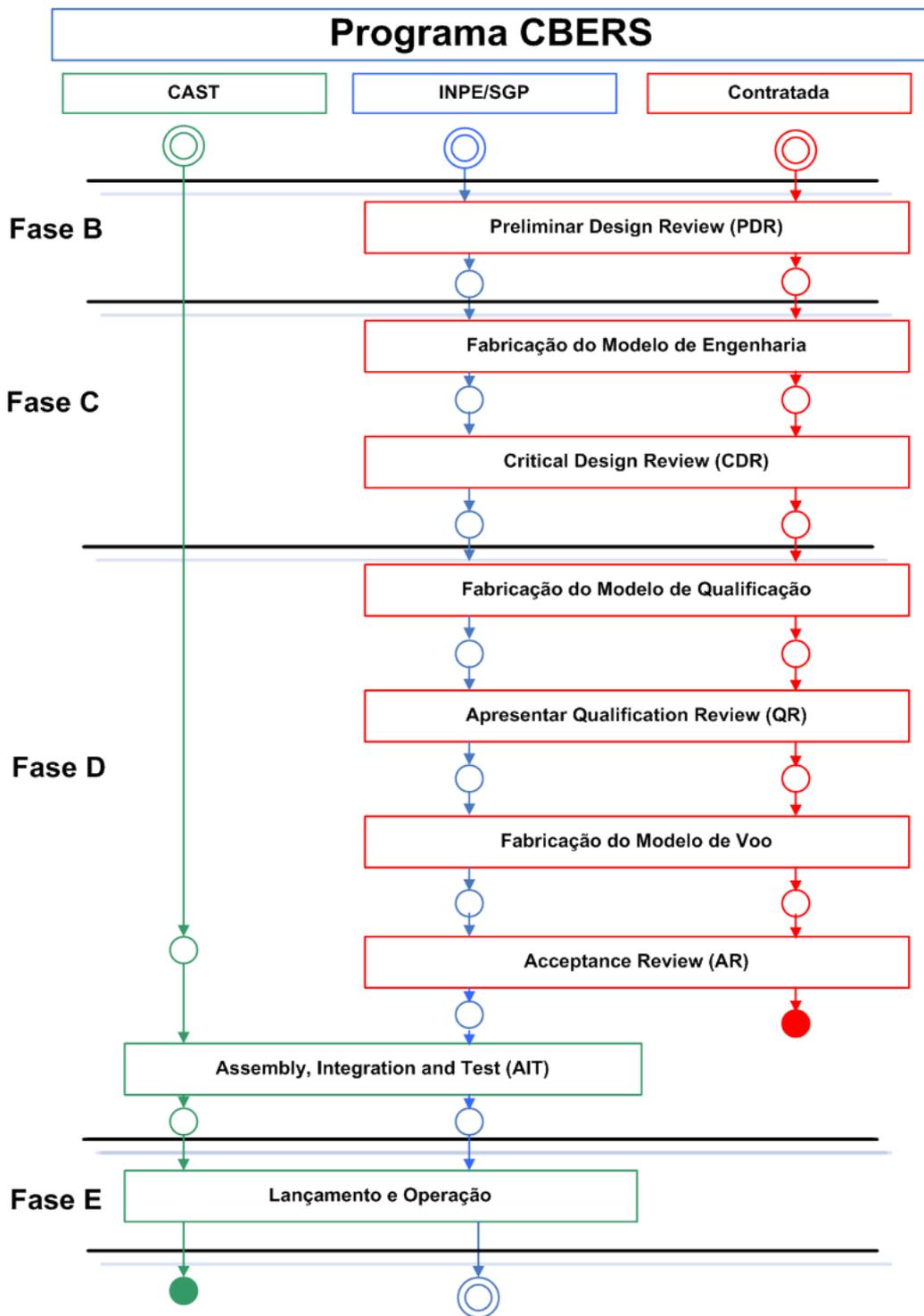


Figura 3.3 – Ciclo de vida do CBERS com a participação do SGP

4 APLICAÇÃO DA MODELAGEM CONCEITUAL UNIFICADA DE PROCESSOS AO ESTUDO DE CASO

Neste Capítulo serão apresentadas as etapas necessárias para a aplicação da Modelagem Conceitual Unificada de Processos a um estudo de caso envolvendo um sistema real, um setor do Serviço de Garantia do Produto do departamento de engenharia e Tecnologia Espaciais. Para a demonstração da metodologia, o foco do trabalho será no processo de “Análise do pedido de modificação”, que ocorre na FASE D do programa CBERS, onde é realizada a fabricação, integração e testes do Modelo de Qualificação e Voo.

A aplicação da abordagem proposta neste trabalho, de uma maneira mais detalhada, está ilustrada no Apêndice A, onde é apresentado um sistema consistindo de uma hipotética Livraria online. Este problema foi apresentado originalmente em Aalst (2011) e ele foi proposto como projeto final do curso de simulação CSE-336 em 2013, tendo sido objeto de um artigo desenvolvido para conferência.

Dentro da arquitetura de conhecimento de CTP (Figura 2.2), o SGP é responsável pela gestão da organização, desta forma foi direcionado o esforço para construção dos modelos para duas diferentes disciplinas, sendo: Gestão por processos e modelagem e simulação de sistemas, que compõem a parte inferior da Figura 2.2.

As empresas contratadas pelo INPE são responsáveis pelo processo de produção do produto. Sendo assim, as visões de engenharia de sistemas e gerência de projetos, que compõem a parte superior da arquitetura de conhecimento de CTP, não serão abordadas neste estudo de caso, uma vez que o estudo e a construção dos modelos de processos destas disciplinas não fazem parte do escopo de trabalho do SGP.

Esta flexibilidade, em relação a quais disciplinas e modelos de processos escolher para compor o estudo desejado, é uma característica bem

interessante da aplicação de CTP, que merece um esclarecimento adicional, feito a seguir.

Quando se tratar de processos de serviço, como aquele apresentado em Silva (2013) e no presente estudo de caso, as visões de simulação e gestão por processos de negócios compõem uma solução considerada por si só já suficiente para o gerenciamento pela organização. As visões de engenharia de sistemas e de gerência de projetos poderiam, ainda assim, serem aplicadas ao estudo de caso presente, não para modelar o processo de desenvolvimento do produto espacial, o que é feito exteriormente pelas contratadas, mas para modelar o processo de serviço específico sendo executado pelo SGP.

A aplicação das visões de engenharia de sistemas e de gerência de projeto para esta finalidade permitiria que o processo “Pedido de Modificação” fosse interpretado e analisado como um “Produto em Desenvolvimento” ou um “Projeto em Andamento”, podendo ser implementados e estudados fazendo-se uso de ferramentas específicas de gerenciamento integrado do ciclo de vida do produto (PLM), como o *Rational Engineering Lifecycle Management* (RELM) (IBM, 2013) e de gerência de projetos, como o *Microsoft Project* (Microsoft, 2013), por exemplo.

O artefato em desenvolvimento que estaria sendo acompanhado por meio do uso destas técnicas seria o próprio “Pedido de Modificação” e os resultados, “aceito” ou “rejeitado”, seriam as saídas do processo. Isto pode ser visto como um uso “artificial” das citadas técnicas, porém mostra como os conceitos de processo estão presentes de forma semelhante em diversas disciplinas e como elas lidam de forma diferenciada e complementar com o mesmo, enfatizando a importância do desenvolvimento de uma visão transdisciplinar sobre eles, como a preconizada pela CTP.

Como conclusão, ressalta-se que a decisão em aplicar ou não determinadas visões disciplinares em um determinado estudo de caso está relacionada com o tipo de processo (criação e desenvolvimento de produto ou prestação de

serviço), mas ela é, em última instância, uma decisão do próprio modelador, pois mesmo um processo de prestação de serviço pode se beneficiar da interpretação da visão de engenharia de sistema ou de gerência de projeto aplicadas ao problema, para o estudo dos aspectos que cada uma destas áreas trata de maneira mais adequada (vide a aplicação de gerência de projeto feita ao problema da Livraria Online do Apêndice A).

No caso da visão de engenharia, os pontos fortes são a questão do *design* do produto (a definição do escopo, sua decomposição hierárquica em componentes e a especificação dos seus requisitos); e, no caso da gerência de projetos, a questão da gestão do processo de desenvolvimento do produto pelo acompanhamento das atividades de produção, com seus respectivos recursos, prazos e custos envolvidos.

A primeira fase, para a aplicação da MCUP, inicia-se com a definição sistema e de seus objetivos, isto é, uma descrição do fluxo de trabalho, dos participantes do processo e a disponibilidade de mão de obra para a realização das principais atividades.

O artefato em desenvolvimento nesta fase consiste no modelo de referência para o processo, que serve como elo comum para os demais modelos que derivam de sua extensão. Esta etapa é extremamente importante e se faz necessário para garantir a consistência entre os demais modelos, originário de diversas áreas de conhecimento.

A necessidade da realização do primeiro passo pode ser observada quando existe uma situação em que duas (ou mais) diferentes áreas de conhecimento são responsáveis pela elaboração de um mesmo mapa de processos. As duas áreas de conhecimento construirão o mapa de processo, de acordo com seus respectivos pontos de vista, e ao unificar os dois processos criados as chances de existirem inconsistências entre eles são muito grandes. Mas quando se tem um modelo de referência a probabilidade de erro é muito menor, uma vez que foram definidos os parâmetros a serem seguidos.

A segunda fase é a criação dos diferentes modelos comunicativos do processo, originários das áreas de gestão por processos e simulação. A representação da visão de diferentes disciplinas deve seguir o mesmo padrão do modelo de referência. Nesta etapa é necessário utilizar ferramentas computacionais, específica para cada disciplina, visando à construção dos demais modelos do processo.

O modelo de gestão por processos deve ser criado para auxiliar no acompanhamento sistemático do processo, no monitoramento do progresso do trabalho e na operação e avaliação do desempenho de cada atividade do processo.

O modelo de simulação, por sua vez, deve ser criado para analisar diferentes possibilidades para a execução do processo. A metodologia de análise utilizada pela simulação permite a elaboração de diferentes cenários para o processo, além de dados de controle que auxiliam na escolha do melhor contexto elaborado.

Em seguida, iniciando a terceira fase para a aplicação da MCUP, são utilizados todos os recursos proporcionados pelas ferramentas de gestão por processos e simulação. A implementação, monitoramento e a operação do processo, são benefícios disponibilizados pela ferramenta de gestão por processos. A ferramenta de simulação permite a criação de cenários futuros, além de oferecer uma análise de desempenho para o processo.

Para finalizar a aplicação da metodologia, é iniciada a quarta fase, que consiste na análise dos resultados gerados pelas ferramentas de gestão por processos e simulação. No final da análise, com os dados gerados por meio das duas ferramentas, são sugeridas melhorias para o processo. A Figura 4.1 ilustra os passos necessários para a aplicação da Modelagem Conceitual Unificada de Processos ao estudo de caso proposto.

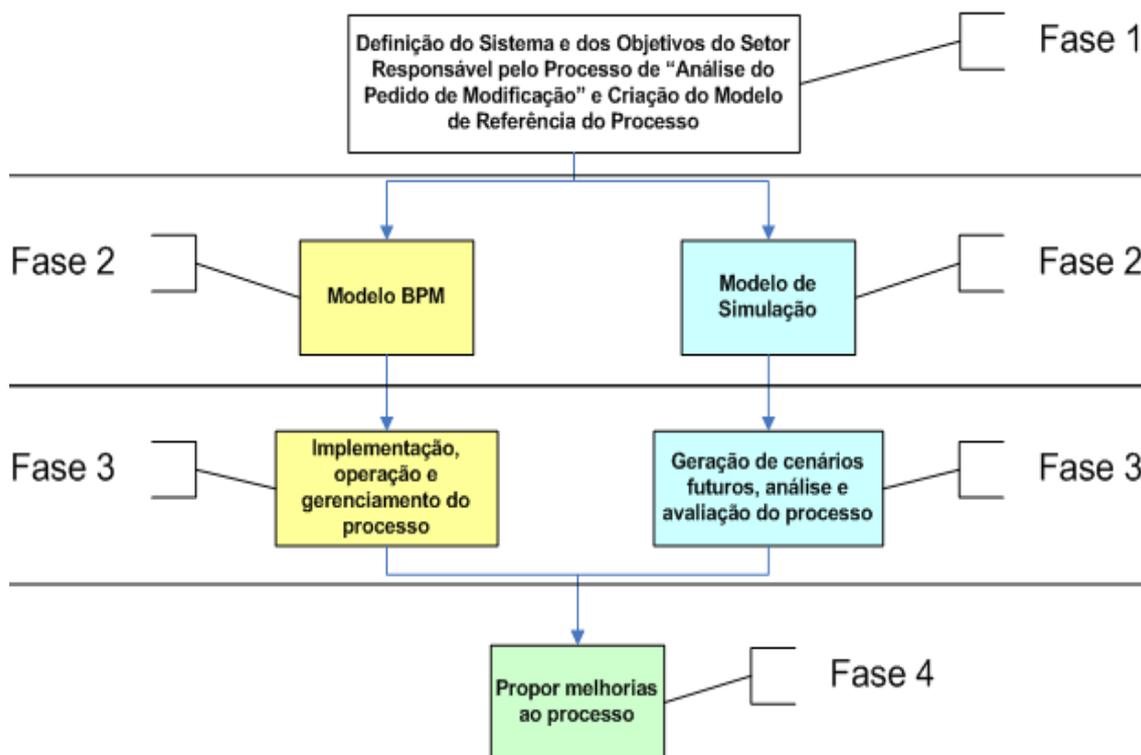


Figura 4.1 – Etapas para a aplicação da MCUP

4.1 Construção do Modelo de Referência

O processo de “Análise do pedido de modificação”, utilizado para ilustrar a metodologia, consiste na recepção, verificação, análise e avaliação de documentos que solicitam qualquer modificação no projeto dos subsistemas do satélite CBERS, este processo é abordado amplamente pela norma ECSS (2009b), onde são apresentadas as diretrizes e recomendações necessárias para a realização de mudanças técnicas em um projeto.

Para ilustrar este processo, foi utilizado, como exemplo, um caso em que o analista de confiabilidade está atuando durante a avaliação do pedido de modificação. Entretanto, este processo é válido para todas as outras áreas do SGP (Garantia da Qualidade e PMP), o conteúdo do documento é quem vai definir quais dos departamentos realizará a análise.

O fluxo de execução do processo inicia-se com o envio do pedido de modificação por parte das empresas contratadas. Cada empresa contratada, responsável por determinado subsistema do satélite, tem função de encaminhar suas próprias solicitações para mudança de engenharia do satélite CBERS. Após o envio, o protocolo de recebimento de documentação da GDC (Gestão de Documentação e Configuração) trabalha na recepção de todos esses pedidos de modificação. Em seguida, o centro de documentação da GDC realiza uma verificação no preenchimento dos dados do pedido de modificação (cabeçalho e numeração do documento), encaminhando-o para o controle de configuração da GDC.

O controle de configuração encaminha o pedido de modificação para o analista de confiabilidade. O analista, ao receber o pedido de modificação, realiza uma análise detalhada da mudança solicitada e o impacto que esta mudança pode causar no projeto, preparando um relatório com todas as suas observações. Após a análise, as considerações feitas pelo analista de confiabilidade são entregues ao controle de configuração, que por sua vez solicita ao centro de documentação o agendamento do CCB (*Configuration Control Board*).

O CCB é composto por um membro da GDC, pelo fiscal de contrato, pelo engenheiro chefe (responsável pela decisão do *Board*) e pelo analista de confiabilidade. Ao término do CCB é gerada uma minuta com a decisão final dos participantes, esta minuta é encaminhada a contratada para que seja seguida a deliberação determinada durante o *Board*.

Durante o *Board*, é gerada uma minuta onde ficam registrados todos os comentários e as considerações dos participantes sobre o pedido de modificação. Após a deliberação do *Board*, a minuta da reunião é enviada à contratada pelo centro de documentação da GDC, encerrando o processo.

Para a realização deste processo faz-se necessário o envolvimento de três principais entidades, sendo: a Contratada, a GDC e o Analista de Confiabilidade. Os envios dos pedidos de modificação são realizados por 6

diferentes empresas contratada pelo INPE. O departamento de Gestão de Documentação e Configuração dispõe de 3 funcionários para participarem do processo de “Análise do pedido de modificação”. Para a realização das análises técnicas dos documentos enviados pelas empresas contratadas, o SGP possui 1 especialista na área de Confiabilidade.

Todas as 6 diferentes empresas contratadas (responsáveis por seus respectivos subsistemas) realizam o envio dos pedidos de modificação, corrigindo-os quando necessário, de acordo com suas necessidades, ou seja, aleatoriamente. Os 3 funcionários da GDC dividem-se da seguinte maneira: o primeiro trabalha no recebimento dos pedidos de modificação; o segundo envia o pedido de modificação para o analista responsável e realiza o CCB e o terceiro agenda o CCB e envia a minuta gerada no *Board* para a Contratada. O analista de confiabilidade que participa do processo é responsável pela análise técnica do documento, juntamente com o envio dos seus comentários (em forma de relatório) para o responsável por realizar o CCB.

Baseado na descrição do processo de “Análise do pedido de modificação” foi criado o modelo de referência, fazendo uso da notação DMCUP, para manter a consistência entre o modelo de gestão por processos e o modelo de simulação. Com a utilização da notação DMCUP, consegue-se especificar entidades, filas de espera, fluxo de controle e os recursos necessários para realização de cada atividade.

Para a elaboração do modelo DMCUP foram utilizadas diferentes cores para definir o fluxo de cada entidade envolvida no processo, sendo que: a cor verde representa o “Analista de Confiabilidade”, a cor azul representa a GDC e a cor vermelha representa a “Contratada”. Desta forma é possível visualizar em quais atividades determinada entidade tem participação. A Figura 4.2 apresenta o processo de análise do pedido de modificação, criado com a utilização da notação DMCUP.

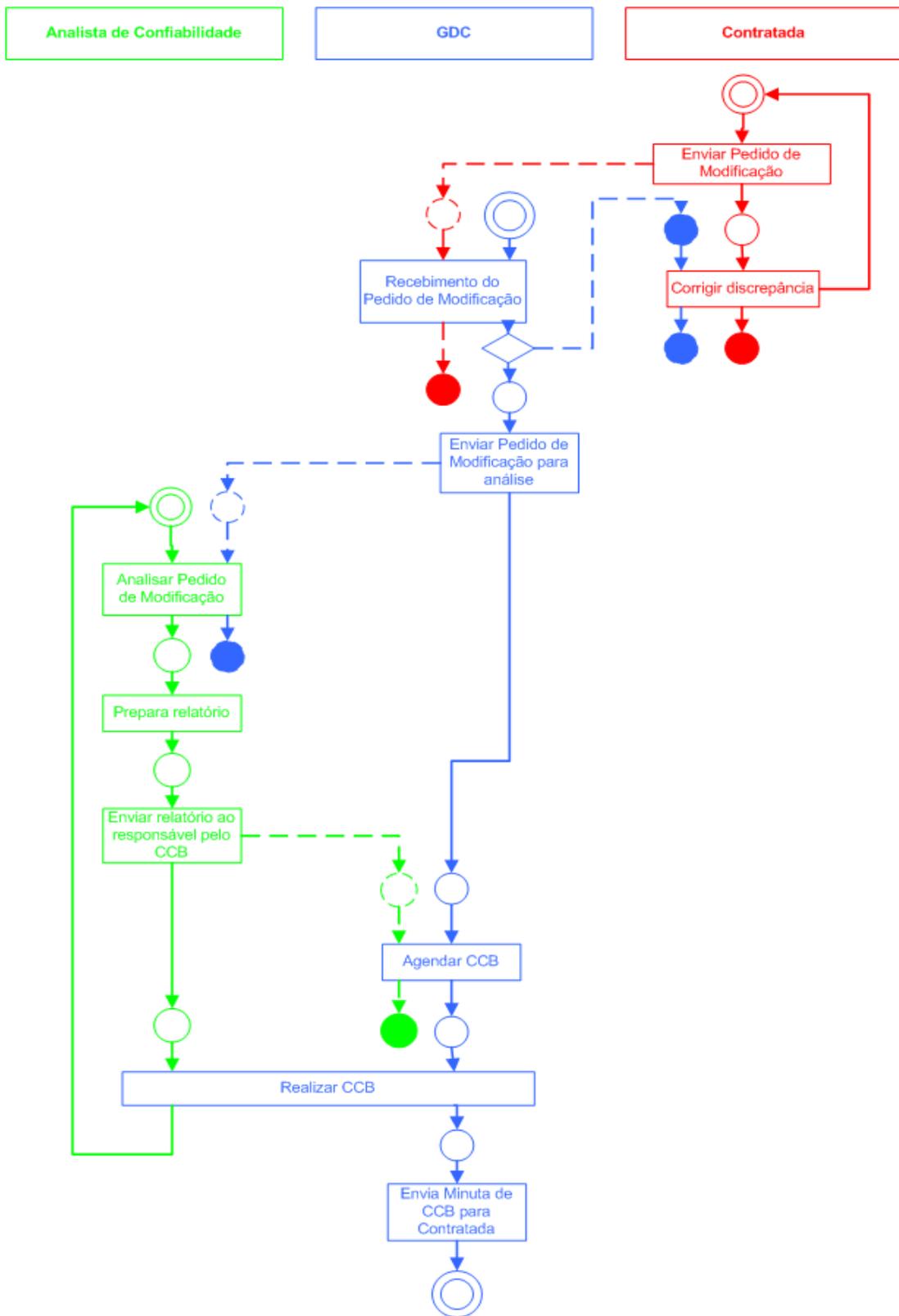


Figura 4.2 – Modelo DMCUP do processo de análise do pedido de modificação

4.2 Modelo de Gestão por Processos e sua Implementação

Para a modelagem e a implementação do processo “Análise do pedido de modificação”, utilizando gestão por processos, uma das áreas de conhecimento de CTP, foi utilizada a ferramenta Bizagi BPM Suite (BIZAGI, 2013), que é composta pelo Bizagi Process Modeler e pelo Bizagi Studio.

O Bizagi Suite possibilita que os processos de negócio sejam automatizados e monitorados, facilitando a modificação de negócios complexos. Fato este que pode levar a um conjunto de aperfeiçoamento, identificando possíveis alterações em um processo, resultando em mais eficiência e apoiando a melhoria contínua dos processos da organização.

Ao iniciar a modelagem e a implementação, utilizando gestão por processos, o processo foi modelado utilizando o Bizagi Process Modeler na elaboração do modelo representativo, utilizando a notação BPMN. Esta notação define um conjunto núcleo (básico) de elementos de diagramação para facilitar o desenvolvimento de diagramas de processo de negócio simplificados.

As entidades “Analista de Confiabilidade”, “GDC” e “Contratada”, apresentadas no modelo de referência, foram transformadas em *lanes* e seus processos foram reproduzidos mantendo uma correspondência um-para-um entre as atividades existentes no modelo DMCUP e as atividades existentes no modelo BPMN.

Após a modelagem do processo, inicia-se a implementação do mesmo por meio da ferramenta Bizagi Studio. A Figura 4.3 ilustra a transformação do modelo de referência criado utilizando a notação DMCUP na representação BPMN, por meio do modelador do Bizagi.

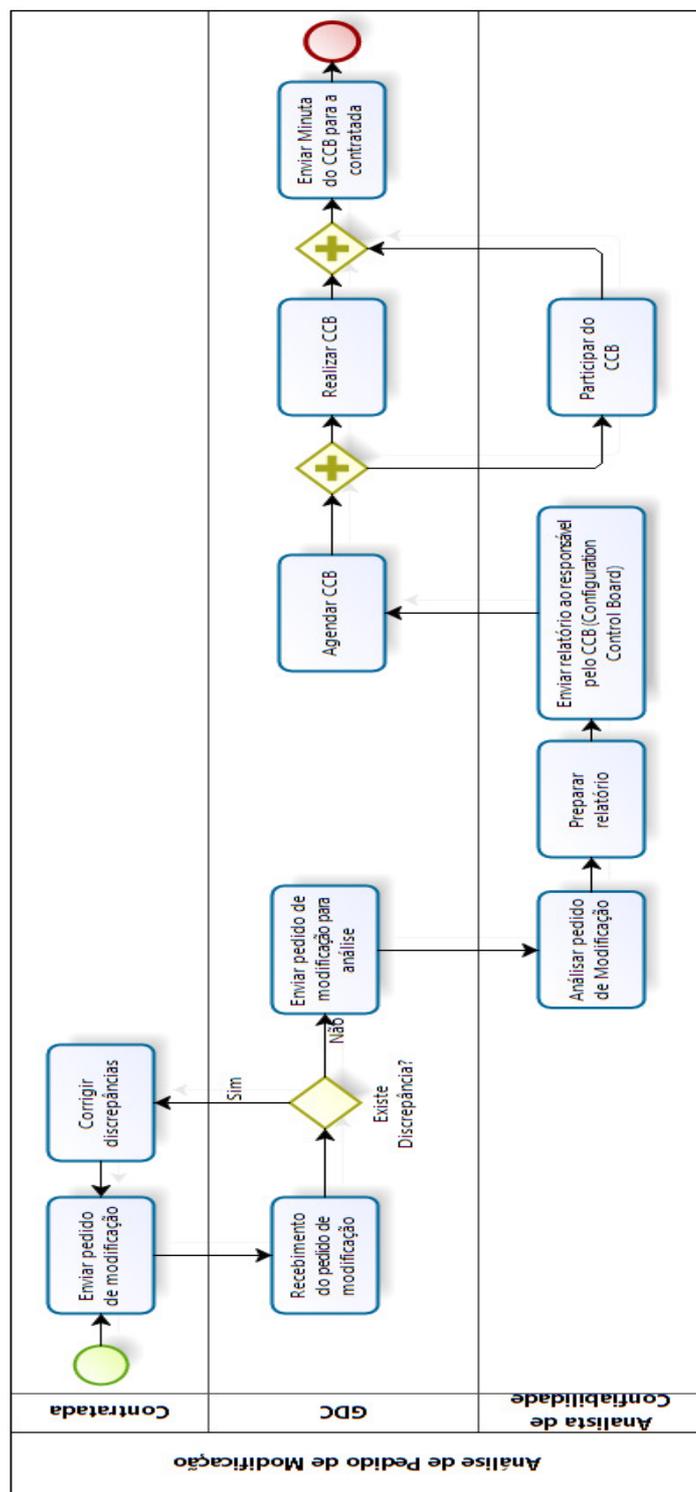


Figura 4.3 – Modelo BPMN do processo de análise do pedido de modificação

O modelo criado no Bizagi Process Modeler foi importado para a ferramenta Bizagi Studio. O ambiente para modelar processos, dentro do Bizagi Studio, é semelhante à ferramenta Bizagi Process Modeler. A diferença é que o Bizagi Process Modeler oferece mais recursos para a modelagem do processo, enquanto o Bizagi Studio apresenta mais propriedades para definição dos parâmetros do processo.

A proposta do Bizagi Studio é proporcionar um ambiente de colaboração em que todo o trabalho é armazenado em um espaço comum, podendo ser utilizado, modificado e melhorado por outros usuários. A Figura 4.4 ilustra a interface gráfica da ferramenta Bizagi Studio, onde é apresentado todo o ciclo de desenvolvimento para a automação do processo, dividido em 7 etapas, sendo: *Model Process*; *Model Data*; *Define Forms*; *Business Rules*; *Performers*; *Integrate* e *Execute*.



Figura 4.4 – Interface gráfica do Bizagi Studio

Após a importação do modelo, primeira etapa do ciclo de desenvolvimento para a automação (**Model Process**), os dados do processo podem ser complementados com informações importantes para a sua execução, sendo: descrição, prioridade, duração, entre outros parâmetros.

Com a inclusão destas informações, os gráficos de controles gerados, após a implementação da ferramenta, são capazes de disponibilizar dados que deixam o processo mais eficiente e de fácil compreensão, apoiando na gestão da organização. A Figura 4.5 apresenta o modelo do processo “Análise do pedido de modificação” importado para o Bizagi Studio.

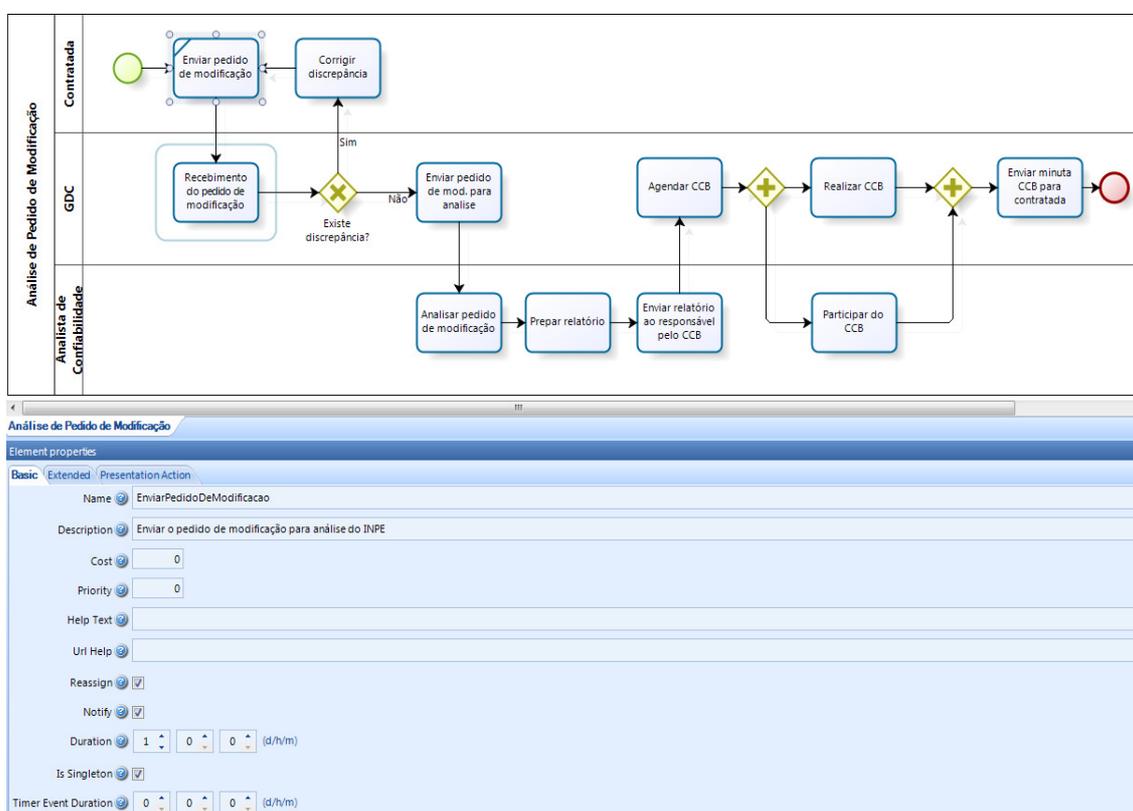


Figura 4.5 – Modelo do processo exportado para o Bizagi Studio

Com o modelo do processo definido, inicia-se a segunda etapa de desenvolvimento, que é a construção do Modelo de Dados (**Model Data**), onde é realizada uma modelagem de entidade/relacionamento. Para o processo

“Análise do pedido de modificação” as entidades são classificadas em 2 tipos: entidade mestre (representada pela cor azul) e entidade paramétrica (representada pela cor verde). A Figura 4.6 ilustra o diagrama do Modelo de Dados do processo.

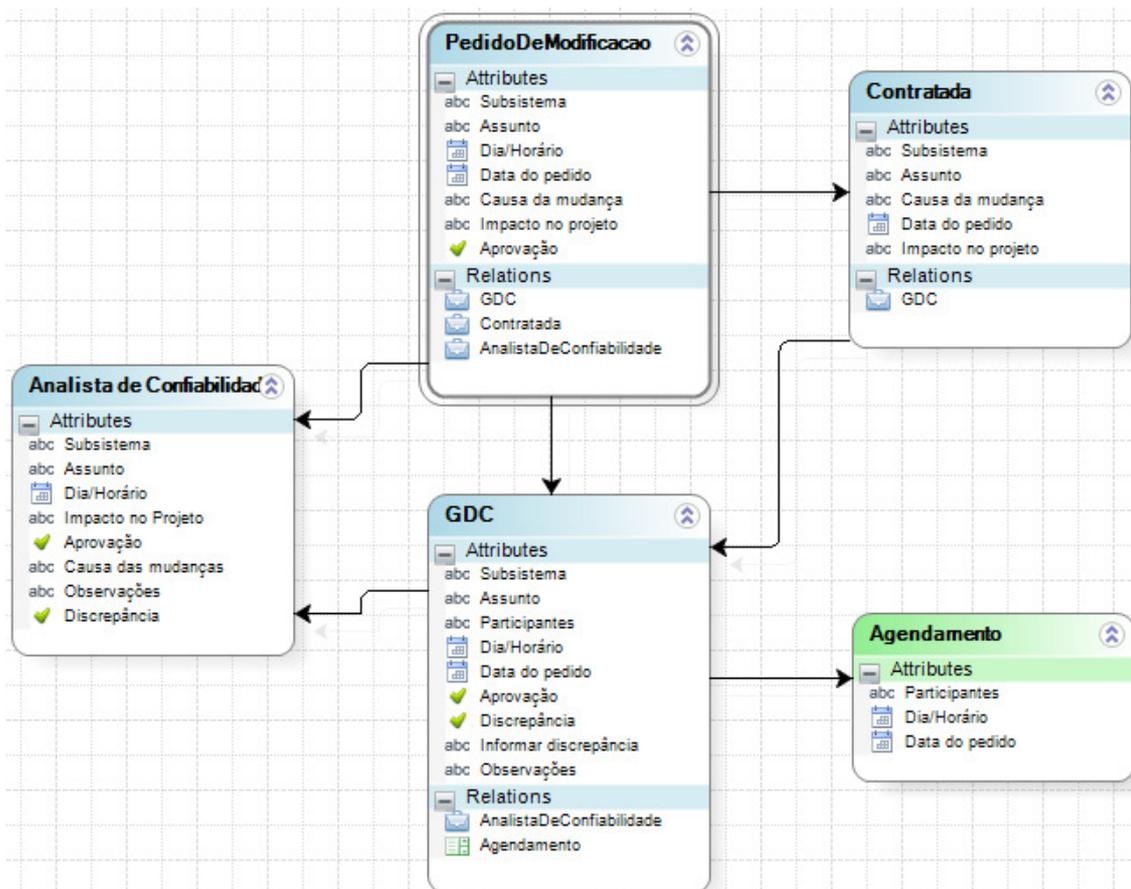


Figura 4.6 – Diagrama do Modelo de Dados para o Bizagi Studio

As entidades mestre são as entidades de negócio do processo que está sendo automatizado. Uma observação importante deve ser feita em relação à entidade mestre “Pedido de Modificação”. Diferentemente das outras entidades mestre do Modelo de Dados, esta entidade é representada por meio de um retângulo arredondado circulado por duas linhas, indicando que esta é a entidade principal do processo. Enquanto as entidades paramétricas são aquelas que representam entidades de valores predefinidos e que são

independentes da execução do processo, sendo possível incluir, excluir ou alterar valores em campos que podem ter mais de uma opção, como por exemplo, número de participantes do *Board*.

Os atributos definidos, para cada entidade no Modelo de Dados, aumentam a capacidade de expressar e refletir as necessidades do processo de negócio. A definição dos atributos, juntamente com o relacionamento entre as entidades, é utilizada como base para a criação dos formulários web (**Define Forms**), terceira etapa para o desenvolvimento da automação do processo.

O formulário web tem a função de inserir e exibir informações necessárias para que os usuários possam interagir e completar, de uma forma amigável, cada uma das atividades do processo.

No Bizagi Studio um formulário é utilizado para representar cada atividade do processo. Sendo assim, no evento de início, no *gateway* de decisão e no evento de fim não é possível associar um formulário. A Figura 4.7 apresenta o formulário web referente a atividade “Analisar pedido de modificação”.

The image shows a screenshot of the Bizagi Studio interface. On the left, there is a 'Properties' pane with a tree view showing the process structure. The main area displays a web form for the activity 'Analisar pedido de modificação'. The form contains the following fields:

- Subistema: Text input field.
- Assunto: Text input field.
- Causa da mudança: Text input field.
- Impacto no projeto: Text input field.
- Data do pedido: Date picker showing 06/09/2013.
- Discrepância: Radio buttons for Yes and No.
- Informar discrepância: Text input field.
- Observações: Text input field.

At the bottom of the form, there is a text prompt: "Drag elements here to model the form".

Figura 4.7 – Formulário para a atividade “Analisar pedido de modificação”

Os campos do formulário são definidos de acordo com os atributos gerados no Diagrama de Modelo de Dados. Estes atributos são listados e disponibilizados no canto esquerdo da Figura 4.7, então é preciso arrastar e soltar os principais atributos, necessários para a criação do formulário, no canto direito da Figura 4.7. Para a atividade “Analisar pedido de modificação”, os principais campos do formulário são: o subsistema em questão; o assunto abordado pelo pedido de modificação; a causa da mudança; o impacto que irá causar no projeto; a data em que o pedido de modificação foi emitido; a existência de alguma discrepância no pedido de modificação e um campo para registrar algumas observações ou comentários.

A quarta etapa do desenvolvimento para automação do processo consiste na criação de regras de negócio (**Business Rules**). Esta etapa é dividida em duas fases, a primeira (*Define Expressions*) é a construções das expressões que definem o fluxo que o processo deve seguir quando surgir um desvio (*gateway*) e a segunda fase (*Activity Actions*) é a definição de ações a serem tomadas em três diferentes situações, sendo: antes de se iniciar, ao salvar e depois de finalizar uma determinada atividade.

Para a definição da regra de negócio, referente ao desvio “Existe discrepância?”, do processo “Análise do pedido de modificação”, foi utilizado o atributo “Discrepância” (criado no Modelo de Dados). Quando for encontrada qualquer discrepância, referente ao pedido de modificação, o fluxo segue para a atividade “Corrigir discrepância” e quando não for encontrada discrepância o fluxo segue para a atividade “Enviar pedido de modificação para análise”, dando continuidade ao processo.

O atributo “Discrepância” é arrastado para o campo de definição de regras de negócio. Assim quando é marcada a opção “Sim” ou a opção “Não” (opções geradas durante a criação dos formulários web) o processo pode seguir diferentes fluxos. A Figura 4.8 apresenta a definição da regra de negócio, referente ao desvio, quando existir discrepância.

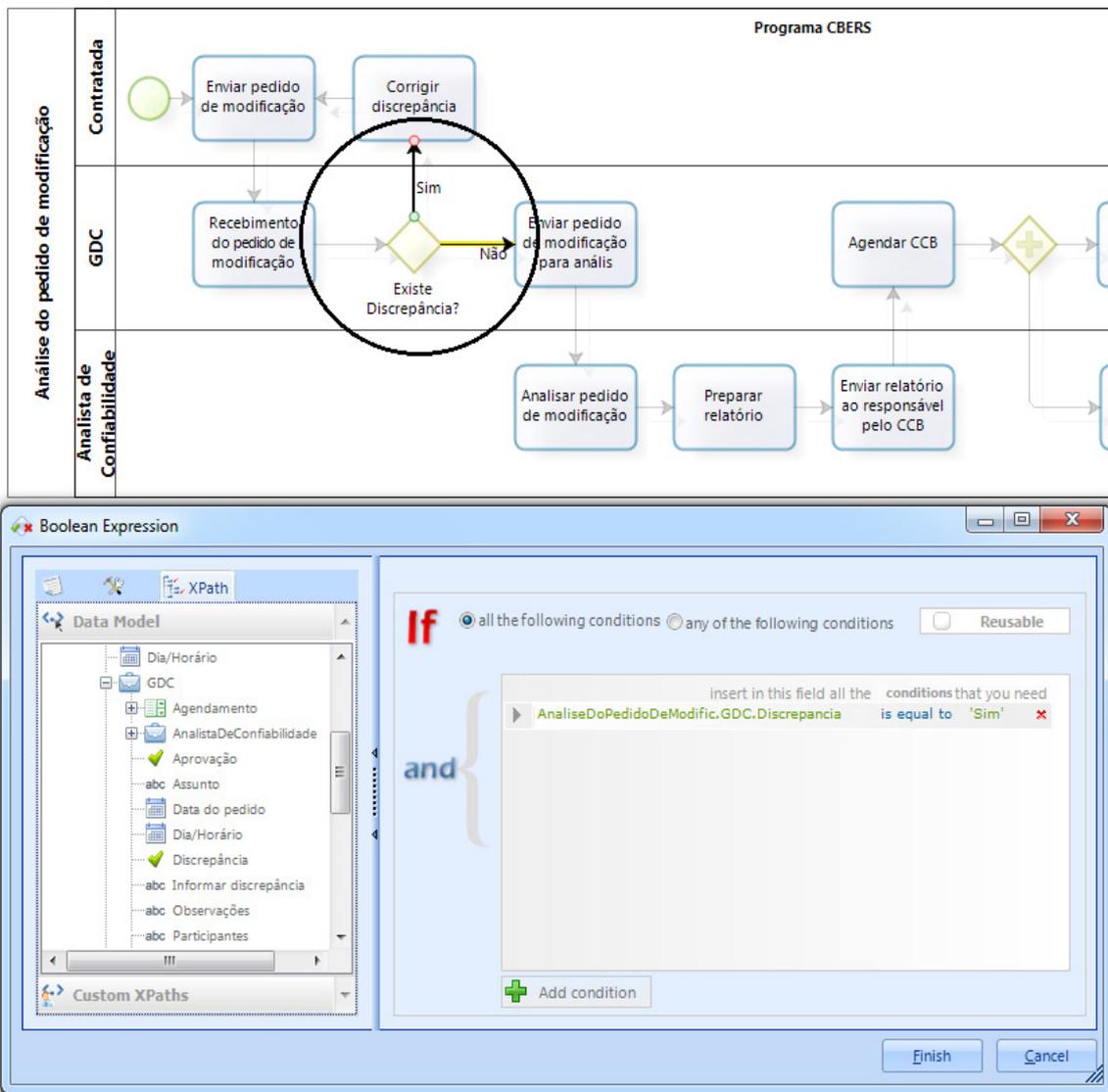


Figura 4.8 – Definição da regra de negócio (Define Expressions)

Além das definições de regras de negócios para pontos de decisões, é possível criar definições e validações para os demais elementos do processo, como atividades. A Figura 4.9 ilustra duas ações a serem tomadas após sair da atividade “Analisar pedido de modificação”. A primeira ação é avaliar o impacto que o pedido de modificação irá causar no projeto e a segunda é verificar as discrepâncias encontradas durante a análise do documento.

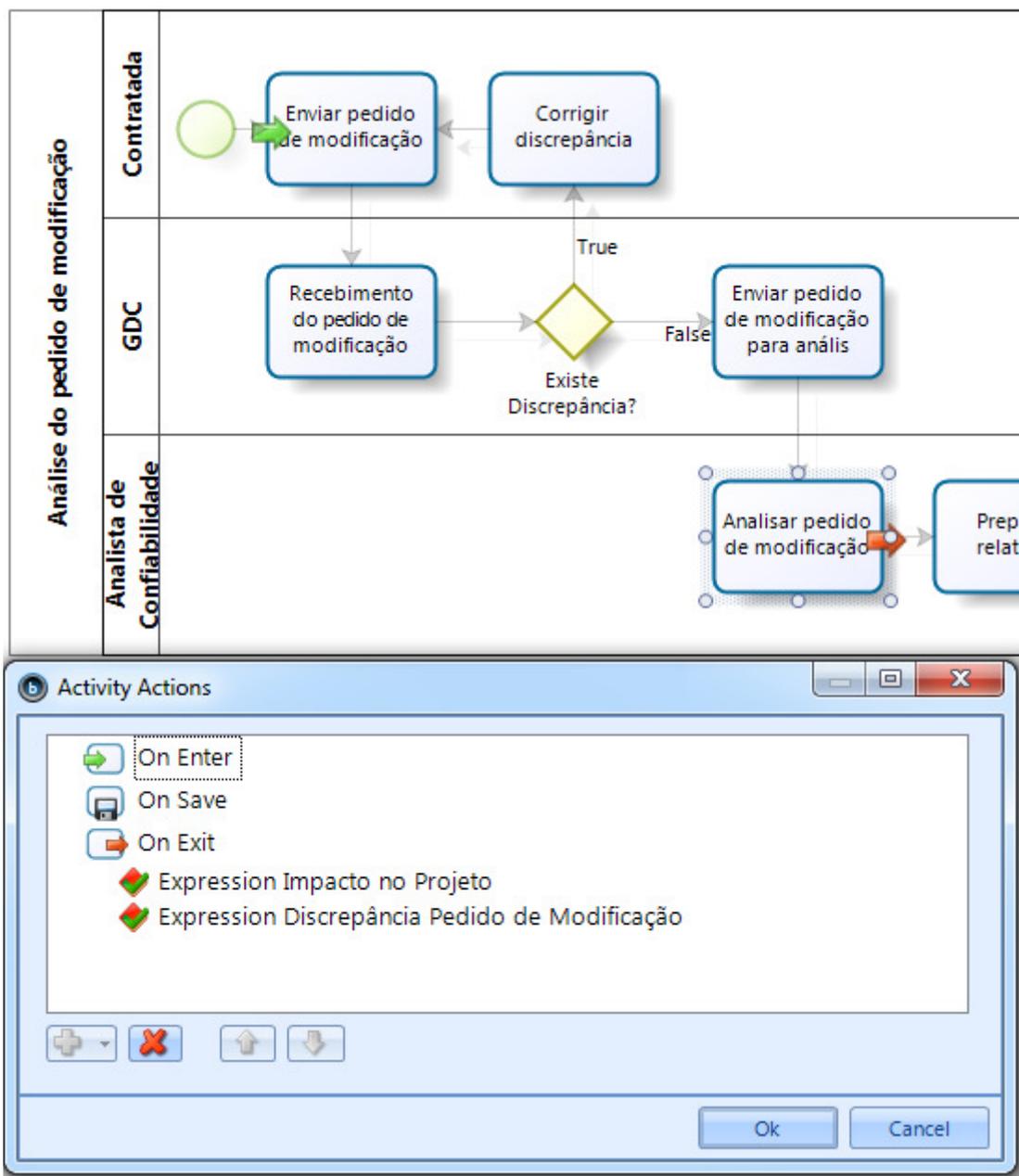


Figura 4.9 – Definição da regra de negócio (Activity Actions)

Definidas as regra de negócio, é iniciada a quinta etapa do desenvolvimento para automação do processo, que consiste na definição dos participantes para cada atividade (*Performes*). Os participantes foram criados de acordo com as entidades apresentadas no modelo de referência DMCUP (Figura 4.1), sendo: Analista de Confiabilidade, GDC e Contratada.

Para definir a atuação de um participante, em determinada atividade, foi utilizado duas condição, sendo: a posição organizacional da entidade e a área de atuação do participante. É necessário determinar um participante, responsável pela a execução, para cada atividade dentro do processo. A Figura 4.10 ilustra a definição do executor da atividade “Analisar pedido de modificação”, onde apenas quem esta na posição de “Analista de Confiabilidade” e atua na área do SGP poderá realizar esta tarefa.

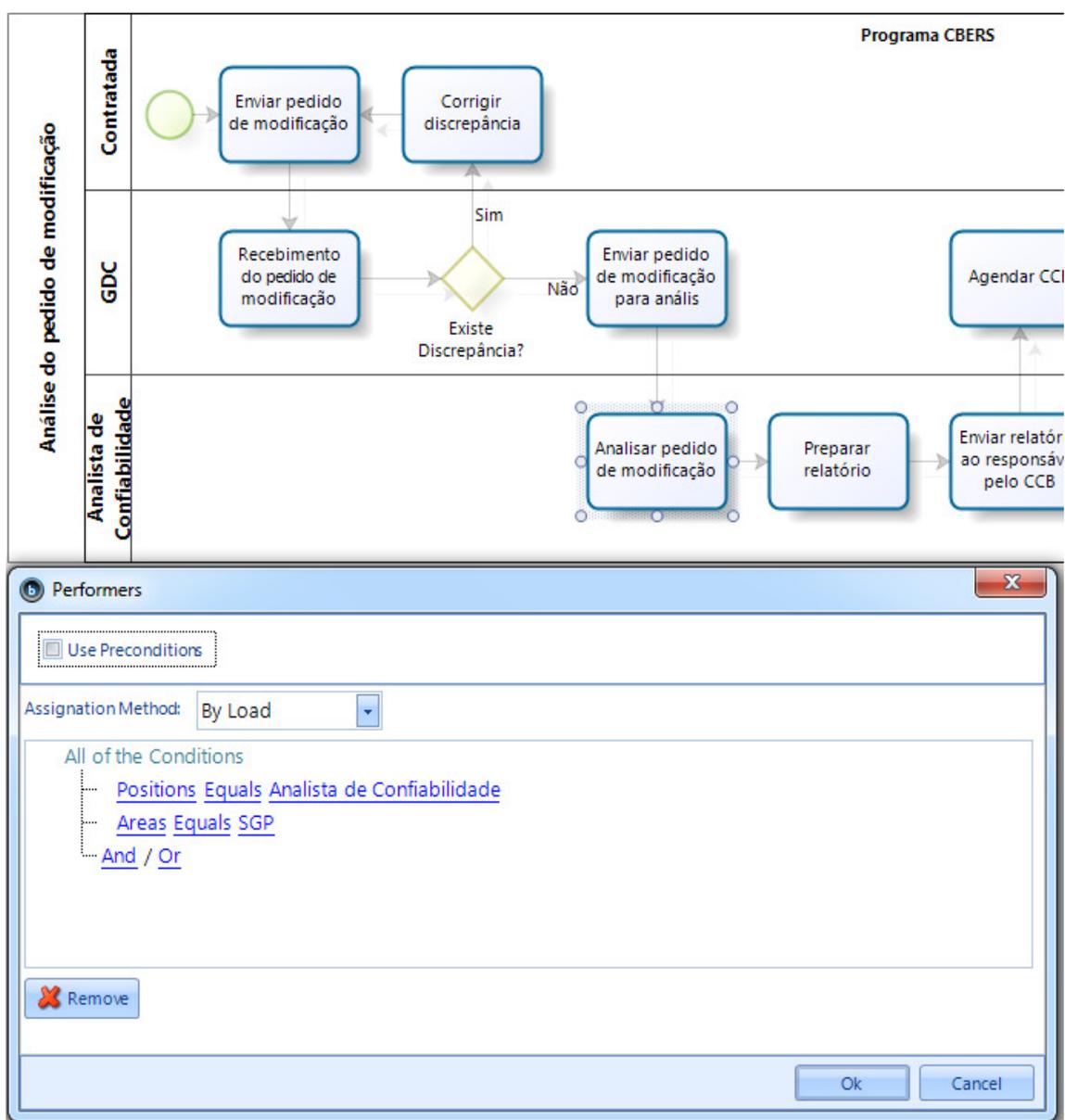


Figura 4.10 – Definição dos participantes das atividades do processo

A sexta etapa do desenvolvimento para automação do processo consiste na integração com sistemas externos (**Integrate**), onde é possível integrar um processo com qualquer outro sistema já existente. Esta é uma etapa opcional para automação do processo. Neste estudo de caso não existe qualquer atividade de integração, então este recurso, oferecido pela ferramenta, não foi explorado.

A sétima e última etapa do desenvolvimento para automação do processo é a Execução (**Execute**). No Bizagi Studio existem três ambientes para a execução do processo, sendo: o ambiente de desenvolvimento, o ambiente de teste e o ambiente de produção. Neste trabalho foi explorado somente o ambiente de desenvolvimento da ferramenta.

Ao seleccionar a opção de Execução, dentro da área de desenvolvimento, será aberto um *browser*, onde deverá ser criado, após o primeiro acesso, um *login* e senha para a execução do processo, conforme ilustrado por meio da Figura 4.11.



A imagem mostra a interface de login do BizAgi. No topo, há o logotipo "bizagi" em azul. Abaixo dele, um ícone de um homem em um terno com uma cadeado sobre o peito. O título "Bem-vindo ao BizAgi" está em uma fonte azul escura. Abaixo do título, o texto "Por favor, insira suas informações para entrar no BizAgi" é exibido em uma fonte menor. O formulário de login contém três campos: "Nome de usuário" (um campo de texto), "Senha" (um campo de texto) e "Domínio" (um menu suspenso com uma seta para baixo). Abaixo dos campos, há um botão "Conectar" e três ícones de cadeado: um verde com uma seta verde, um azul com um ponto de interrogação e um amarelo. Na parte inferior do formulário, há três opções de lembretes de senha, cada uma com um botão de opção: "Lembrar minha conta e senha", "Lembrar minha conta" e "Sempre solicitar conta e senha" (esta última está selecionada com um círculo preenchido). No canto inferior direito, há um link "Login do Administrador" em azul.

Figura 4.11 – Tela de login para a execução do processo no Bizagi Studio

Depois de realizar o *login*, será aberta a tela principal da ferramenta para a execução do processo. Nesta tela encontra-se, na parte superior, o menu principal da ferramenta, onde é disponibilizada as seguintes opções:

- Processos – Permite criar novos processos, assim como consultar os processos que estão pendentes e os que já foram encerrados. Além de realizar pesquisas e buscas dos processos criados;
- Relatórios de análise – Oferece uma variedade de gráficos que demonstram o *status* (fechados, pendentes ou atrasados) do processo;
- Admin – Permite gerenciar os usuários, as entidades e até mesmo os processos criados dentro da ferramenta;
- Ferramentas – Permite, ao usuário, configurar o sistema conforme sua preferência;
- Desconectar – Sair do sistema.

Ao acessar a opção “Processos”, no *Menu* principal da ferramenta, e selecionar o item “novo processo”, o usuário será conduzido para os formulários gerados durante a segunda etapa (*Define Forms*) do desenvolvimento para a automação do processo. Todas as informações solicitadas no formulário devem ser preenchidas pelos participantes, que foram definidos na quinta etapa (*Performers*). Em seguida a ferramenta indicará que o processo foi finalizado com sucesso.

Todos os processos, que ainda não foram finalizados (pendentes), podem ser visualizados na tela principal do Bizagi Studio. No campo “Estado” as bolas verdes representam os processos que ainda estão dentro do prazo estabelecido, as bolas amarelas representam os processos que estão em risco de se atrasar e as bolas vermelhas representam os processos que estão atrasados, ou seja, já ultrapassaram a data estabelecida para sua finalização.

A Figura 4.12 ilustra a tela principal do Bizagi Studio para a execução do processo, onde é possível visualizar o *Menu* principal da ferramenta, juntamente com os processos que ainda estão pendentes.



Figura 4.12 – Tela principal do Bizagi Studio para a execução do processo

A ferramenta disponibiliza também, na opção “Relatórios de análise”, indicadores de análise que podem auxiliar os gestores em suas tomadas de decisão. O estado atual das atividades é apresentado em forma de diversos gráficos de controle, onde é possível visualizar a quantidade de atividades no sistema, o número de atividades em atraso, as atividades que estão dentro do prazo e até mesmo aqueles que correm o risco de atrasar. Com a utilização deste recurso, torna-se mais fácil a definição de prioridades de trabalho, assim como o direcionamento de esforços para as atividades em atrasos. A Figura 4.13 apresenta dois gráficos indicadores da ferramenta Bizagi Studio.

O primeiro é o gráfico (de pizza) onde é exibido, de um modo geral, o estado das atividades referentes ao processo “Análise do pedido de modificação”. Este gráfico apresenta, em porcentagem, o *status* dos processos que estão em dia, representados pela cor verde (25%), dos processos que estão próximo da data de vencimento, representados pela cor amarela (12,5%) e dos processos que estão em atraso, representados pela cor vermelha (62,5%). Além disso, ilustra a quantidade de pedidos de modificação gerados em determinado período (dias).

O segundo gráfico (de colunas) apresenta a data de vencimento das atividades referente ao processo “Análise do pedido de modificação”. Este gráfico mostra a quantidade de atividades devem ser realizadas até determinado dia.

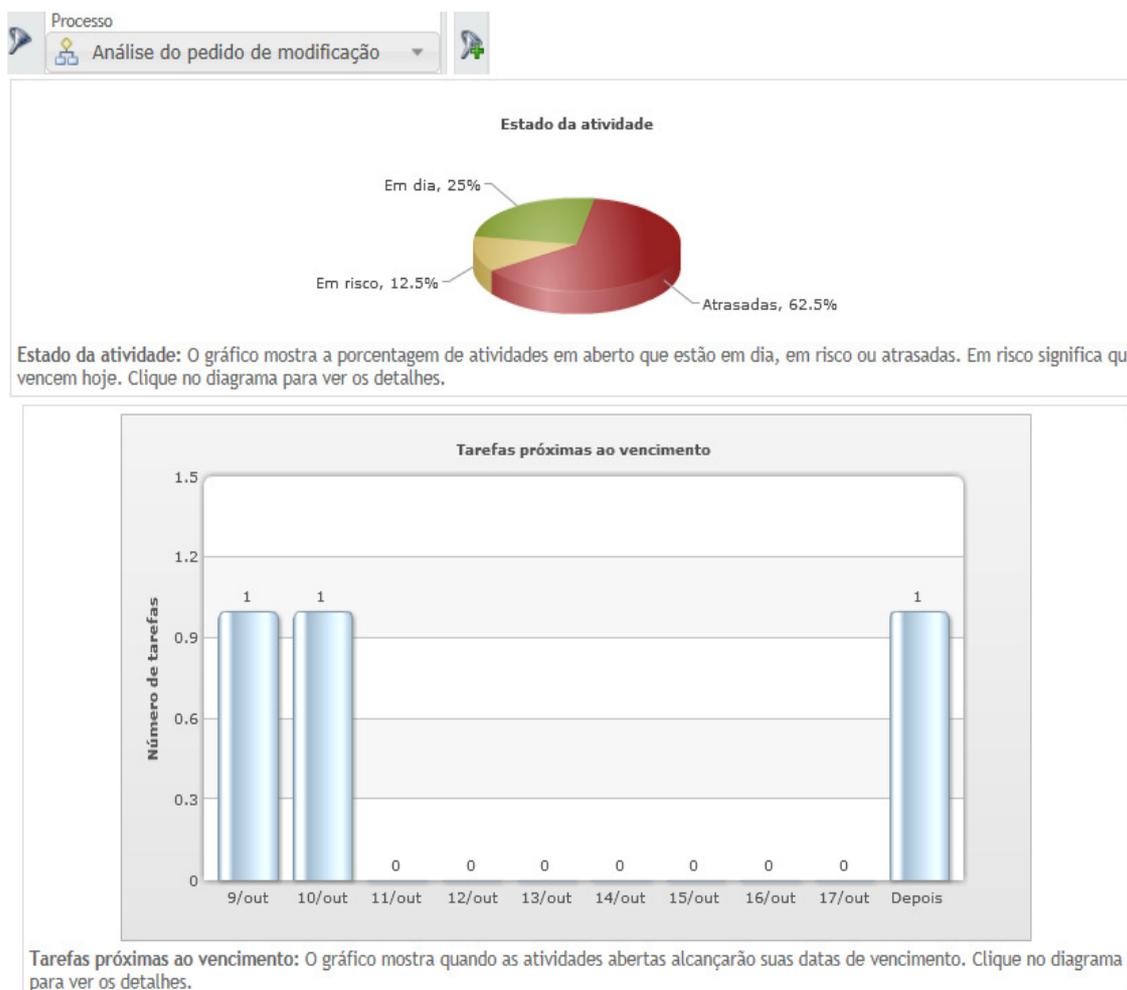


Figura 4.13 – Gráfico indicador do estado das atividades

Para contribuir ainda mais com o gerenciamento dos processos, a ferramenta possibilita observar o percurso do processo de modo animado, sendo possível visualizar todo o ciclo de vida do processo. Além da opção de visualizar todo o percurso, é possível, também, identificar o ponto no qual o processo está parado, ou seja, a atividade que ainda não foi finalizada.

A Figura 4.14 ilustra a animação do processo em execução, onde na parte inferior da figura encontram-se duas opções, sendo: “Ruta” e “Estado atual”. A primeira opção permite a inicialização do fluxo de execução do processo e a segunda identifica o ponto no qual o processo está parado.

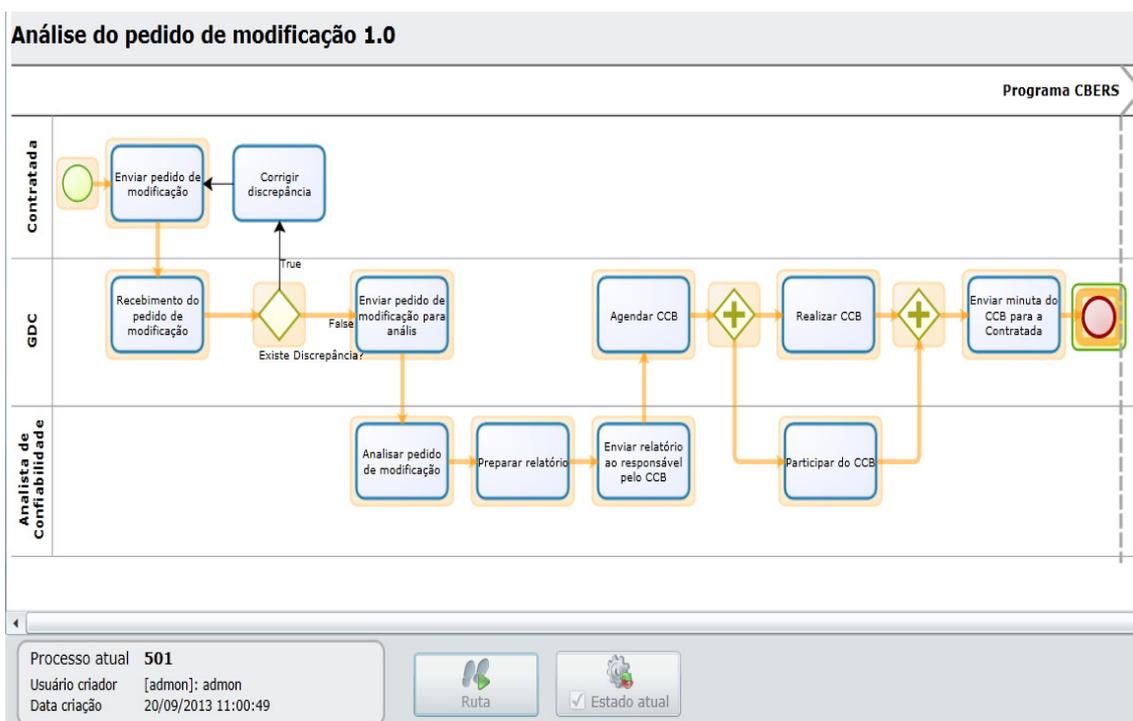


Figura 4.14 – Acompanhamento do processo em Execução

A utilização deste recurso da ferramenta permite que o gestor acompanhe todo o fluxo do processo, identificar qual atividade não foi realizada e, juntamente com os gráficos de controle (Figura 4.13), determinar o tempo necessário para sua realização.

4.3 Modelo de Simulação e sua Implementação

Assim como o modelo BPMN, o modelo de simulação foi criado de acordo com o modelo de referência, mantendo-se uma relação de um-para-um entre as atividades realizadas. Apenas o processo “Análise de Confiabilidade”, que é composto pelas atividades “Analisar pedido de modificação”, “Preparar Relatório” e “Enviar relatório ao responsável pelo CCB”, foi representado por meio de macro atividades. Entretanto as atividades que compõe esta macro são exatamente as mesmas apresentadas no modelo DMCUP.

A Figura 4.15 ilustra o modelo de Simulação do processo “Análise do pedido de modificação” e a Figura 4.16 ilustra a um segundo nível de detalhamento da macro atividade “Análise de Confiabilidade”, ambos construídos por meio da ferramenta Simprocess.

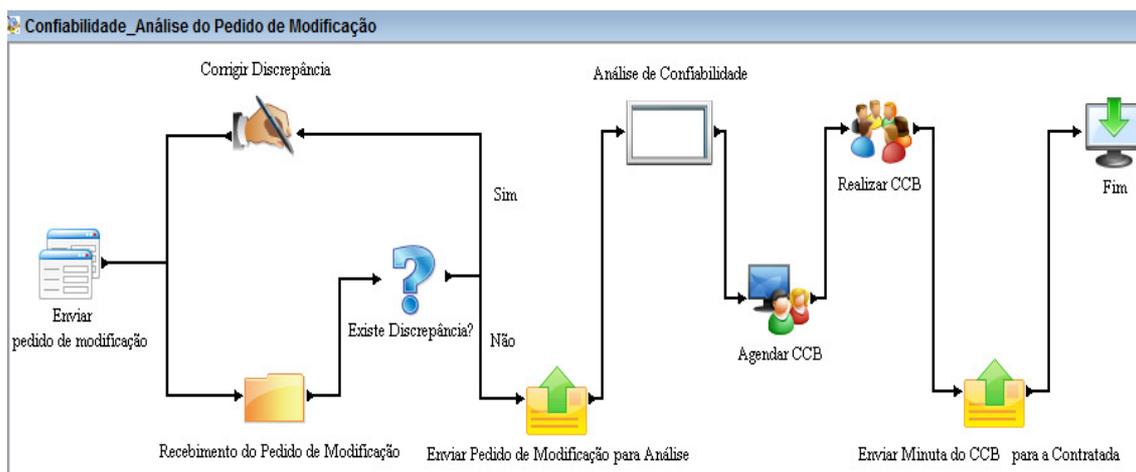


Figura 4.15 – Modelo de Simulação do processo de análise do pedido de modificação

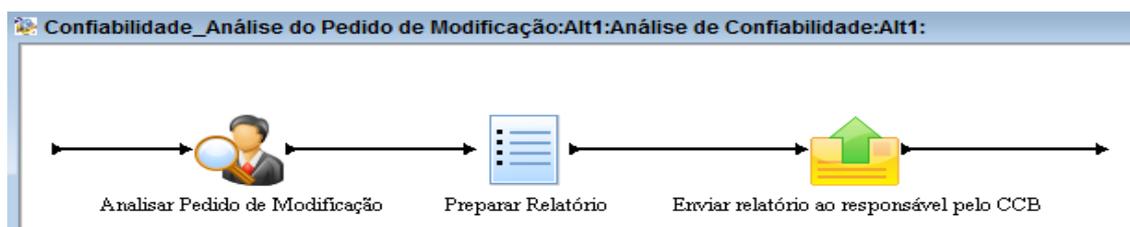


Figura 4.16 – Decomposição da macro atividade “Análise de Confiabilidade”

Para o modelo de simulação, foi criada a entidade “Pedido de Modificação”, pois é o elemento que mantém sua identidade durante o transcorrer do tempo e participa de todo o processo. Além da entidade, foram criados 3 recursos, sendo: Contratada, GDC e Analista de Confiabilidade. Para o modelo de simulação, os recursos podem ser vistos como a quantidade de funcionários, máquinas ou ferramentas (no caso de fabricação em série, por exemplo) disponíveis para executar determinada atividade.

Os parâmetros, criados para alimentar o modelo de simulação, foram definidos com base no documento “R-TRP-1454 - Planilha de Controle de CCB – CBERS” (INPE, 2013). Este documento foi criado e alimentado pela GDC. Desta forma, tornou-se possível a obtenção dos dados necessários para abastecer o modelo de simulação.

A simulação foi configurada para ser executada em um período de um ano e sete meses (de janeiro de 2012 até agosto de 2013). Durante este intervalo de tempo, foram extraídas, do documento “R-TRP-1454 - Planilha de Controle de CCB – CBERS”, as médias de duração de cada atividade (utilizando a contagem em dias) e a quantidade de pedidos de modificação enviada ao mês.

As atividades do modelo de simulação foram representadas por meio da ferramenta “*Delay*” que define a duração de uma atividade, restrições de recursos e fornece estatísticas que podem ser utilizadas para analisar o tempo de espera em cada atividade.

A ferramenta “*Branch*”, que define rotas alternativas para o fluxo do processo, baseado em probabilidade ou condição, foi utilizada para representar a decisão “Existe Discrepância?”. Sendo que a probabilidade de se seguir o fluxo “Sim” é de 10% e a probabilidade de seguir o fluxo “Não” é de 90%, baseado nos registros do documento “R-TRP-1454 - Planilha de Controle de CCB – CBERS”.

Para a representação da atividade “Enviar pedido de modificação”, foi utilizada a ferramenta “*Generate*”, que é responsável por gerar a chegada das entidades dentro do modelo de simulação. Para o processo “Análise do pedido de modificação” foi definido uma média de 2 entidades em um período de 1 mês.

Com todos os parâmetros do modelo de simulação definidos, foram simulados quatro cenários para o estudo do processo. O primeiro cenário reflete a situação atual do processo, onde existe apenas um recurso para a realização de cada atividade. Neste cenário, foi identificado um gargalo na realização da macro atividade “Análise de Confiabilidade”, pois o tempo médio para a realização desta atividade é de 30 dias, com a chegada de 2 pedidos de modificação por mês e apenas um analista de confiabilidade alocado para realizar esta atividade. A Figura 4.17 apresenta o relatório de análise gerado após a realização da simulação para o primeiro cenário.

```

SIMPROCESS Standard Report for Confiabilidade_Análise do Pedido
de Modificação
Simulation Initiated at Wed Oct 16 16:40:44 2013
Simulation Concluded at Wed Oct 16 16:41:06 2013
Simulation Run Duration 00:00:22.259

Model Start Date/Time      : 01/01/2012 00:00:00:000:000:000
Model End Date/Time        : 08/01/2013 00:00:00:000:000:000
Actual Start Date/Time     : 01/01/2012 00:00:00:000:000:000
Actual End Date/Time       : 08/01/2013 00:00:00:000:000:000
Actual Run Duration        : 578 days 00:00:00:000:000:000

Entity : Total Count - Observation Based : Replication 1

Entity Names                Total      Remaining  Total
Generated      In System  Processed
Documentação                40         21         19

Resource : Percent Utilization By State When Available:
Replication 1

Resource Names              Idle      Busy      Reserved
Analista de Confia         0,180%   99,820%   0,000%

```

Figura 4.17 – Relatório de análise da simulação para o primeiro cenário

Pode-se observar que foram gerados 40 pedidos de modificação, sendo que deste total apenas 19 foram encerradas e 21 não completaram todo ciclo do processo. O recurso “Analista de Confiabilidade” passou 99,820% do tempo ocupado, ou seja, sem disponibilidade para executar outra atividade que possa surgir sendo uma prioridade.

O segundo cenário foi simulado alocando dois recursos para a realização da macro atividade “Análise de Confiabilidade”. Desta forma houve uma redução no tempo de execução desta atividade e uma melhora considerável na quantidade de pedidos de modificação processadas no final da simulação. Foram processados 38 dos 40 pedidos de modificação, mas os recursos ainda permaneceram 99,820% do tempo ocupado. A Figura 4.18 ilustra o relatório de análise para o segundo cenário.

```

SIMPROCESS Standard Report for Confiabilidade_Análise do Pedido
de Modificação
Simulation Initiated at Wed Oct 16 16:45:05 2013
Simulation Concluded at Wed Oct 16 16:45:33 2013
Simulation Run Duration 00:00:28.289

Model Start Date/Time      : 01/01/2012 00:00:00:000:000:000
Model End Date/Time        : 08/01/2013 00:00:00:000:000:000
Actual Start Date/Time     : 01/01/2012 00:00:00:000:000:000
Actual End Date/Time       : 08/01/2013 00:00:00:000:000:000
Actual Run Duration        : 578 days 00:00:00:000:000:000

Entity : Total Count - Observation Based : Replication 1

Entity Names                Total      Remaining  Total
Generated      In System  Processed
Documentação              40          2          38

Resource : Percent Utilization By State When Available:
Replication 1

Resource Names              Idle       Busy       Reserved
Analista de Confia        0,180%    99,820%    0,000%

```

Figura 4.18 – Relatório de análise da simulação para o segundo cenário

Para o terceiro cenário, foram alocados três recursos para a macro atividade “Análise de Confiabilidade”. Após a simulação do processo, a quantidade de pedidos de modificação processada foi exatamente o mesmo do segundo cenário, entretanto houve uma redução no tempo em que os recursos, responsáveis pela execução da atividade, permaneceram ocupados durante a execução da simulação.

Com apenas 73,522% do tempo ocupado, é possível direcionar esforços visando à realização da análise dos pedidos de modificação que precisam ser priorizadas pelo programa. A Figura 4.19 apresenta o relatório de análise gerado após a realização da simulação para o terceiro cenário.

```

SIMPROCESS Standard Report for Confiabilidade_Análise do Pedido
de Modificação
Simulation Initiated at Wed Oct 16 16:49:39 2013
Simulation Concluded at Wed Oct 16 16:50:09 2013
Simulation Run Duration 00:00:29.552

Model Start Date/Time      : 01/01/2012 00:00:00:000:000:000
Model End Date/Time        : 08/01/2013 00:00:00:000:000:000
Actual Start Date/Time     : 01/01/2012 00:00:00:000:000:000
Actual End Date/Time       : 08/01/2013 00:00:00:000:000:000
Actual Run Duration        : 578 days 00:00:00:000:000:000

Entity : Total Count - Observation Based : Replication 1

Entity Names                Total      Remaining  Total
Generated      In System  Processed
Documentação              40          2          38

Resource : Percent Utilization By State When Available:
Replication 1

Resource Names              Idle      Busy      Reserved
Analista de Confia       26,478%   73,522%   0,000%

```

Figura 4.19 – Relatório de análise da simulação para o terceiro cenário

O quarto cenário foi simulado alocando quatro recursos para a execução da macro atividade “Análise do pedido de modificação. Assim como o segundo e o

terceiro cenário, a quantidade de pedidos de modificação processadas ao longo da simulação foi de 38 de um total de 40. No quarto cenário os recursos permaneceram 53,799% do tempo ocupado, o que apresenta ociosidade durante a realização da atividade. A Figura 4.20 ilustra o relatório de análise para o segundo cenário.

```

SIMPROCESS Standard Report for Confiabilidade_Análise do Pedido
de Modificação
Simulation Initiated at Wed Oct 16 16:53:34 2013
Simulation Concluded at Wed Oct 16 16:54:03 2013
Simulation Run Duration 00:00:29.266

Model Start Date/Time      : 01/01/2012 00:00:00:000:000:000
Model End Date/Time        : 08/01/2013 00:00:00:000:000:000
Actual Start Date/Time     : 01/01/2012 00:00:00:000:000:000
Actual End Date/Time       : 08/01/2013 00:00:00:000:000:000
Actual Run Duration        : 578 days 00:00:00:000:000:000

Entity : Total Count - Observation Based : Replication 1

Entity Names                Total      Remaining  Total
Generated  In System  Processed
Documentação                40         2          38

Resource : Percent Utilization By State When Available:
Replication 1

Resource Names              Idle      Busy      Reserved
Analista de Confia         46,201%  53,799%   0,000%

```

Figura 4.20 – Relatório de análise da simulação para o quarto cenário

4.4 Análise dos Resultados

4.4.1 Análise dos Resultados do Modelo de Gestão por Processos

Com a implementação do modelo de gestão por processos, utilizando a ferramenta Bizagi Studio, tornou-se possível o acompanhamento de toda a operação do processo. O Bizagi Studio proporcionou meios para a análise do estado atual dos processos “análise do pedido de modificação”.

Esta análise pôde ser realizada através de diversos tipos de gráficos de controle, como histograma ou gráfico de barras, onde a situação dos processos é apresentada de uma forma geral. Foi possível também analisar o comportamento de cada atividade dentro do processo, verificando a situação atual de todos os “pedidos de modificação” em cada tarefa executada.

Sendo assim, o acompanhamento dos processos torna-se mais efetivo, pois a ferramenta permite a visualização do status de todos os processos (atrasados, em risco e em dia), de forma individual (para cada atividade) ou de forma coletiva (para o processo como um todo), permitindo priorizar e direcionar esforços para aqueles que estão em situação de risco, além de oferecer consulta ao histórico dos processos já encerrados.

A interface gráfica da ferramenta é amigável, facilitando a interação do usuário com o sistema. Entretanto alguns passos para a criação do modelo não são muito intuitivas, como por exemplo, a criação do modelo de dados do processo, pois exige um grande conhecimento dos passos que serão executados posteriormente, mas esta dificuldade é reduzida quando o modelador utiliza a ferramenta mais de uma vez.

Uma desvantagem do Bizagi Studio é falta de controle de mudança do modelo (histórico de alterações). Sem este recurso não é possível manter a rastreabilidade e o controle de todas as modificações realizadas ao longo da construção do modelo. O controle de mudanças torna-se indispensável quando se tem um modelo de processo complexo para ser gerenciado.

Para reparar está desvantagem do Bizagi Studio é necessário criar uma base de dados, independente da ferramenta, onde sejam registradas todas as mudanças realizadas no modelo de processo e em seus parâmetros que foram definidos anteriormente. Desta forma é possível manter a rastreabilidade e todo o histórico de modificações, informando os motivos que ocasionaram determinada mudança.

4.4.2 Análise dos Resultados do Modelo de Simulação

O modelo de simulação gerou quatro possíveis cenários para o processo de “Análise do pedido de modificação”. O primeiro cenário, que representa o estado atual do departamento, onde é alocado apenas 1 recurso para a execução da atividade “Análise de confiabilidade”, apresentou-se com um grande volume de pedidos de modificação para ser analisado e poucos recursos para a realização da atividade (foram analisados 19 pedidos de modificação de um total de 40). Desta forma, foi gerado um acúmulo de pedidos de modificação à espera de análise. O recurso disponibilizado para a execução desta atividade não foi suficiente para atender a demanda de entidades geradas ao longo da execução do processo.

Com a inclusão de 2 recursos para a realização da “Análise de Confiabilidade”, o segundo cenário apresentou uma melhoria significativa. A quantidade de pedidos de modificação processadas ao longo da simulação foi superior comparado ao cenário anterior (38 de um total de 40). Entretanto, os recursos alocados para a realização da atividade permaneceram 99,820% do tempo ocupado.

Para o terceiro cenário, foi adicionado um terceiro recurso para a execução da atividade “Análise de Confiabilidade”. Apesar do número de pedidos de modificação, processado ao longo da simulação, ser igual ao segundo cenário, os recursos permaneceram 73,522% do tempo ocupado. Assim ocorreu uma redução no tempo em que as entidades estavam ocupadas com a realização da atividade, diminuindo a probabilidade de erro ocasionado pela sobrecarga de trabalho. Além disso, com um maior tempo livre dos recursos é possível direcionar esforços para atividades que, eventualmente, surjam como emergenciais.

O quarto cenário foi simulado utilizando 4 recursos, obtendo o mesmo número de pedidos de modificação processado dos cenários 2 e 3 e com os recursos permanecendo 53,799% do tempo ocupado. Durante a simulação do quarto

cenário, ficou evidente que a quantidade de recursos alocados para executar a análise dos pedidos de modificação foi superior a demanda existente. Assim os recursos permanecerem 50% do tempo ociosos.

A Figura 4.21 ilustra os dados obtidos pelos diferentes cenários gerados por meio do Modelo de Simulação.

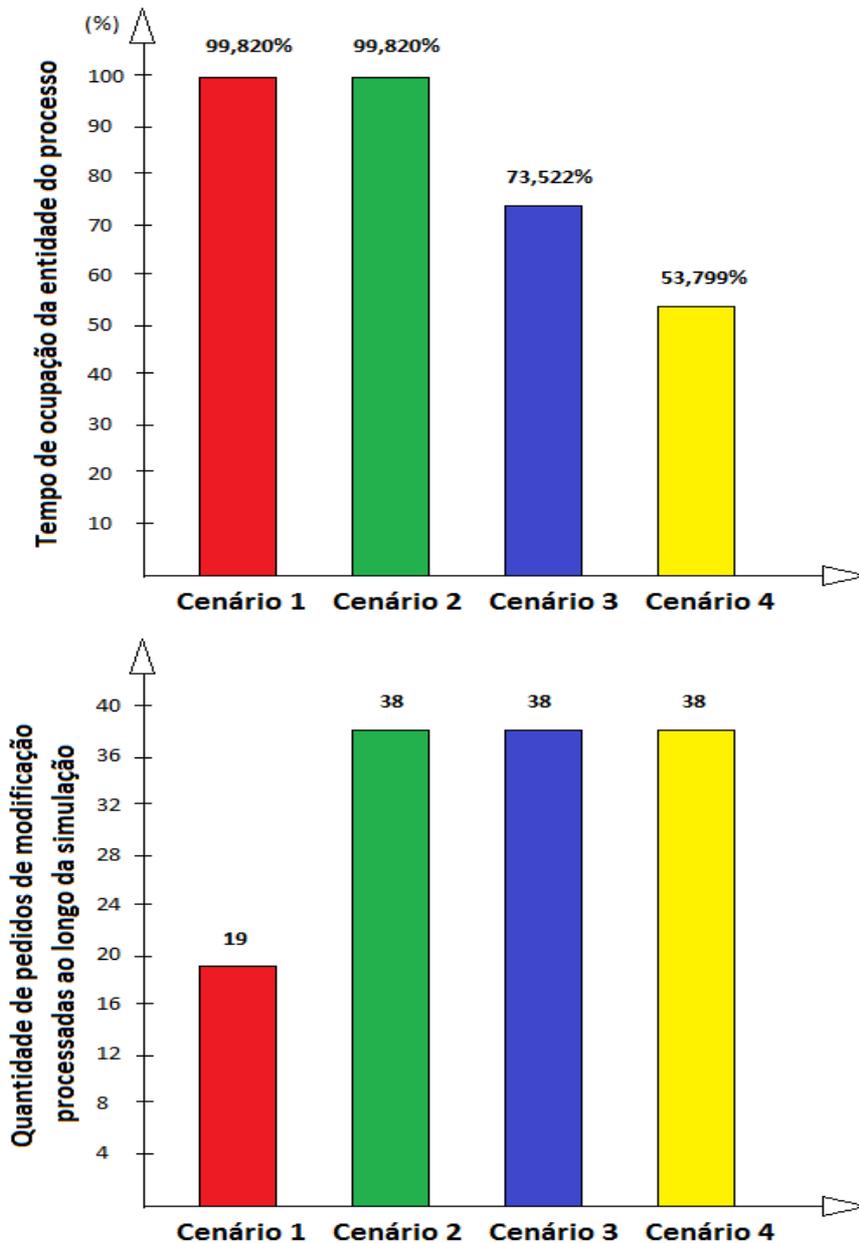


Figura 4.21 – Gráfico de representação para os diferentes cenários gerados no modelo de simulação por meio da ferramenta Simprocess

Analisando todos os cenários, gerados por meio da ferramenta Simprocess, a alocação de 3 recursos mostrou-se a solução mais viável para o processo de “Análise de pedido de modificação”. A quantidade de pedidos de modificação processada ao longo da simulação do terceiro cenário e a agilidade na execução do trabalho é capaz de eliminar o gargalo gerado durante a realização da atividade “Análise de confiabilidade”.

Sendo assim, a sugestão de melhoria para o processo de “Análise do pedido de modificação” é a criação de um grupo de analista de confiabilidade, composto por três integrantes, visando eliminar a sobrecarga de trabalho e otimizar o processo.

4.4.3 Unificação do Modelo de Gestão por Processos e do Modelo de Simulação

Com a aplicação conjunta de diferentes áreas de conhecimento (BPM e Simulação) é possível obter maiores benefícios e melhorias na análise de processos, comparado com a aplicação de diferentes conceitos de uma forma isolada.

A aplicação de BPM pode ser construída para automatizar e ajudar na gestão dos processos, enquanto a aplicação de simulação é capaz de gerar caminhos alternativos para o estudo de viabilidade de diferentes cenários, com o objetivo de melhorar a compreensão dos fatores e estratégias que afetam significativamente a execução do processo.

Os dados gerados através do modelo BPM, utilizando a ferramenta Bizagi Studio, são capazes de alimentar o modelo de simulação do processo de “Análise do pedido de modificação”, substituindo a planilha de controle de CCB (R-TRP-1454 - Planilha de Controle de CCB – CBERS). A ferramenta de gestão por processo possui recursos específicos para este fim, com uma

interface gráfica que permite a visualização do *status* de todos os pedidos de modificação, além de disponibilizar um sistema de busca eficiente, que permite consultar, de uma forma ágil, todos os processos criados dentro da ferramenta. A utilização conjunta dos conceitos de gestão por processos e simulação pode ser representada por meio da Figura 4.22.

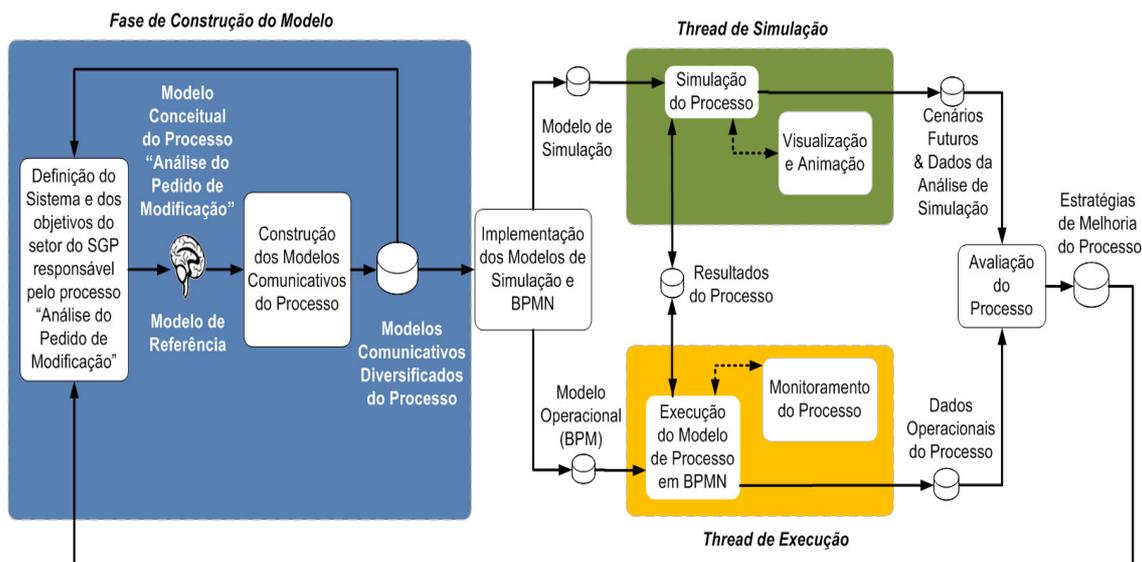


Figura 4.22 – Utilização conjunta dos modelos de gestão por processos e simulação
 Fonte: Modificado de Silva (2013)

A falta de um ambiente integrado e sincronizado, focado em apoiar a utilização conjunta de ferramentas computacionais de diferentes áreas de conhecimento, faz com que a alimentação do modelo de simulação, realizada através dos dados gerados pelo modelo de gestão por processos, deve ser executada manualmente pelo modelador.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a adaptação e a aplicação dos conceitos da abordagem unificada para modelagem, simulação e gestão por processos, originalmente proposta por Silva (2013), no contexto do Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto na Engenharia Simultânea de Sistemas Espaciais. O estudo de caso foi feito sobre um sistema real envolvendo o setor do Serviço de Garantia do Produto responsável pelo processo de “Análise do pedido de modificação”, um dos processos do programa CBERS com a participação do SGP/ETE.

O foco deste estudo de caso foi direcionado para os processos de gestão da organização (que representa a parte inferior da arquitetura de conhecimento de CTP). Os processos de Engenharia de Sistemas e Gerência do Projeto são na verdade realizados externamente pelas empresas contratadas pelo INPE. A gestão destes processos não compete ao SGP, mas o SGP recebe destas empresas as *baselines* (representadas pelos Modelo de Engenharia (entrada para o CDR), Modelo de Qualificação (entrada para o QR) e Modelo de Voo (entrada para o AR)), correspondentes aos diversos estágios de evolução do produto ao longo do seu ciclo de vida.

Em outras palavras, os modelos do produto (que representa a parte superior da arquitetura de conhecimento de CTP) entregues pelas empresas contratadas são as entradas dos processos a serem realizados pelo SGP e seus conteúdos são representados pelo produto e pelos documentos entregues para análise, assim como aspectos dos processos de fabricação dos mesmos necessitam também serem certificados pelo SGP para qualificação dos serviços prestados por estas empresas (materiais e processos adotados pelas contratadas na fabricação dos subsistemas do satélite).

A abordagem unificada, utilizada para realizar um estudo de CTP aplicada aos processos do SGP descritos no presente trabalho, foi renomeada de Modelagem Conceitual Unificada de Processos, para maior facilidade de

referência, e também devido às modificações introduzidas na metodologia, que passou a evidenciar a forma progressiva utilizada para a construção das representações dos modelos comunicativos de processo do sistema em estudo.

A ideia foi tirar proveito da aplicação conjunta de diferentes modelos e técnicas de análise que podem ser utilizados em apoio ao Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto para auxiliar o desenvolvimento de produtos e serviços complexos, a fim de se beneficiar dos aspectos complementares em que cada uma dessas técnicas é especialmente forte.

A aplicação da Modelagem Conceitual Unificada de Processos iniciou-se com a modelagem dos processos, realizados pelo SGP ao longo de sua participação dentro do programa CBERS, em uma visão macro. Em seguida foi realizada uma decomposição hierárquica e a descrição dos processos, descendo em um segundo, terceiro e até um quanto nível de detalhamento.

A escolha da notação para a modelagem dos processos decompostos, no caso BPMN (apresentado no Apêndice B), foi feita devido a sua facilidade de compreensão e do fato de que ela é tradicionalmente utilizada na sua respectiva área de conhecimento. A criação do mapa de processos do departamento resultou em uma melhor compreensão de todas as atividades realizadas pelo SGP, uma vez que não existia uma visão geral das principais tarefas executadas pelo departamento.

Após a construção do mapa de processos do SGP, foi utilizado o processo de “Análise do pedido de modificação”, como forma de demonstrar a aplicação da abordagem utilizada. A criação do modelo de referência contribuiu para a especificação, padronização e formalização do modelo de processo em estudo, proporcionando um meio comum para a comunicação e documentação do processo, o que era um dos objetivos principais do trabalho.

A proposta de melhoria, assim como a implementação das ferramentas computacionais de Simulação e Gestão por Processos, visando contribuir para a melhoria contínua dos processos, complementam o objetivo principal e atende ao objetivo específico do trabalho.

Para a implementação das ferramentas de simulação e gestão por processos no SGP é preciso obter a licença para o uso de ambos os *softwares*. Além da licença, para utilização do Bizagi Studio faz-se necessário uma rede de compartilhamento de informações de dados entre os usuários.

Uma dificuldade encontrada durante o desenvolvimento do estudo de caso foi à limitação de 50 elementos gráficos para a criação do modelo de Simulação. Esta limitação se deve pelo fato da utilização de uma licença acadêmica do *software* Simprocess, o que restringe a complexidade do processo a ser modelado. A limitação encontrada resultou na escolha de um processo onde não é necessária a utilização de um grande número de elementos gráficos, como é o caso do processo “Análise do pedido de modificação”, embora exija a utilização de uma variedade de recursos da ferramenta.

Outra dificuldade encontrada no decorrer da pesquisa foi à inexistência de um ambiente completo e integrado, para apoiar o estudo baseado nos conceitos de CTP. As ferramentas escolhidas para implementação demonstraram suas deficiências em lidar com alguns aspectos da modelagem como a replicação dos modelos dos processos (a replicação dos modelos foi realizada manualmente pelo modelador), bem como para fazer com que a duração da atividade dependa da quantidade de recursos de cada classe a ela alocados no modelo.

A falta de um ambiente integrado e sincronizado, focado em apoiar a utilização conjunta de ferramentas computacionais de diferentes áreas de conhecimento, faz com que a alimentação do modelo de simulação, realizada através dos dados gerados pelo modelo de gestão por processos, seja executada manualmente pelo modelador.

5.1 Contribuições da Pesquisa

O trabalho contribuiu na modificação e na extensão da abordagem proposta por Silva (2013), sendo renomeada de Modelagem Conceitual Unificada e seus conceitos foram aplicados em um estudo de caso real relacionado ao departamento de Serviço de Garantia do Produto. A abordagem proposta por Silva está focada na melhoria da gestão de processo de negócios de um modo geral, este trabalho, entretanto, apresenta a utilização dos conceitos de CTP para o gerenciamento do ciclo de vida completo do produto espacial.

Para a modelagem dos processos foi utilizada a notação DMCUP, um subconjunto de BPMN, que é necessário como notação de Modelagem Conceitual Unificada de Processos, porque seu nível de abstração é muito maior, com o objetivo de permitir uma modelagem flexível com o número mínimo de elementos. Esta notação é uma renomeação da notação DMUS (Diagramas para Modelagem Unificada em Simulação), utilizada por Silva, para a criação do modelo de Simulação. A notação DMCUP, no entanto, é utilizada para a criação de modelos de processos de diversas áreas de conhecimento como Engenharia de Sistemas, Gerência de Projetos, Gestão por Processos e a própria Simulação de Sistemas.

Outra contribuição do trabalho foi proporcionar uma visão geral dos processos realizados pelo departamento de Serviço da Garantia do Produto, apresentado no Apêndice B, e a utilização de um dos processos modelados para ilustrar a aplicação da metodologia da Modelagem Conceitual Unificada resultou em sugestões que podem contribuir para a melhoria do processo abordado no estudo. A implementação das ferramentas de Gestão por Processos e de Simulação mostrou-se um aliado poderoso na gestão do sistema real, auxiliando no monitoramento e na análise dos processos.

O modelo BPMN, juntamente com a utilização da ferramenta Bizagi Suite, contribuiu para a implementação, execução, operação e acompanhamento dos processos, visando auxiliar na gestão do sistema como um todo, além de

apresentar aspectos estruturais do modelo. Além disto, a ferramenta Bizagi Suite contribuiu na disponibilização de dados (em forma de diversos gráficos de controle) para auxiliar os gestores em suas tomadas de decisões, tais como: quantidade de processos gerados na ferramenta (em andamento, pendente ou encerrado), o tempo de execução de cada atividade e a quantidade de processos em atraso (de um modo geral e para cada atividade).

O modelo de Simulação, juntamente com a utilização da ferramenta Simprocess, contribuiu para uma melhor compreensão da dinâmica do processo, especificamente no sequenciamento das atividades e da cooperação entre os recursos envolvidos em sua realização, o que permitiu escolher um cenário, entre os demais cenários gerados através da ferramenta Simprocess. Conceitos como a determinação dos tempos ociosos das entidades nas filas em frente, às atividades do processo, e a alocação dinâmica de recursos por meio do uso de simulação, foram aplicados contribuindo para a redução do tempo de conclusão do processo (como um todo).

5.2 Pesquisas Futuras

Neste trabalho a arquitetura de conhecimento de CTP foi explorada em um estudo de caso envolvendo os processos do SGP, entretanto o foco da pesquisa foi direcionado aos aspectos da Modelagem, Simulação e Gestão por Processos, que corresponde a modelagem dos processos de gestão da organização. Uma sugestão para pesquisas futuras seria a exploração da arquitetura de CTP como um todo, ou seja, abordando também os conceito de Engenharia Simultânea e Gerência de Projetos, que representam a modelagem dos processos do produto.

O desenvolvimento de novas ferramentas, componentes de um ambiente original, completo e integrado, capaz de dar suporte para a realização de estudos de CTP em geral, também é um aspecto importante para o aperfeiçoamento e para a aplicação da metodologia. Com isso é possível obter outra linha de estudo, voltada para o desenvolvimento de Ambientes Integrados

de Apoio, composto por ferramentas computacionais, cada uma contemplando um dos elementos componentes do *Framework* para CTP, o que por sua vez, irá exigir bastante esforço no desenvolvimento de software.

Também como trabalho futuro, sugere-se a aplicação da Modelagem Conceitual Unificada de Processos a todos os processos do SGP, ou seja, desde o início das atividades realizadas pelo departamento (Fase B), até o seu encerramento (Fase E), dentro do ciclo de vida do programa CBERS. Desta forma será possível explorar todo o potencial das ferramentas de Simulação e Gestão por Processos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALST, W. van der; WESKE, M; WITRZ, G. Advanced topics in workflow management. **Journal of Integrated Design and Process Science**, v. 7, n. 1, p. 58, Mar. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR ISO 9000**: sistemas de gestão da qualidade – fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro, 2005.

ALBUQUERQUE, I. S. **Modelo para o gerenciamento da configuração e gerenciamento da informação e documentação do programa espacial brasileiro**. 2012. 150 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2011/11.28.18.12-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3ASHBPL>>. Acesso em: 07 dez. 2012.

ALMEIDA, M. C. P. **Proposta de adoção de um processo de captura e rastreamento de requisitos baseada num estudo de caso e num histórico das fases da engenharia de sistemas no INPE**. 2011. 222 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2011/11.17.19.31-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3AQPAJ8>>. Acesso em: 07 dez. 2012.

BIZAGI – **BPM Suite Overview**. Disponível em: <<http://www.bizagi.com/index.php/products/bizagi-bpm-suite/overview>>. Acesso em: 21 de dezembro de 2013.

CAPABILITY MATURITY MODEL INTEGRATION (CMMI). **Software Engineering Institute**. Disponível em: <<http://resources.sei.cmu.edu/library/asset-view.cfm?assetid=19290>>. Acesso em: 28 Dez. 2013.

DEMING, W. E. **Qualidade**: a revolução da administração. Marques Saraiva, 1990.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS), **ECSS-M-ST-10C** - space project management – project planning and implementation. Noordwijk, The Netherlands: ESA Requirements and Standards Division, 2009a.

_____. **ECSS-M-ST-40C** - space project management – configuration and information management. Noordwijk, The Netherlands: ESA Requirements and Standards Division, 2009b.

_____. **ECSS-Q-ST-10C** - space product assurance – product assurance management. Noordwijk, The Netherlands: ESA Requirements and Standards Division, 2008a.

_____. **ECSS-Q-ST-30-11C** - space product assurance – derating – EEE components. Noordwijk, The Netherlands: ESA Requirements and Standards Division, 2008b.

_____. **ECSS-P-001A** - ECSS – glossary of terms., Noordwijk, The Netherlands: ESA Requirements and Standards Division, 1997.

_____. **ECSS-Q-ST-20-09B** - space product assurance – nonconformance control system. Noordwijk, The Netherlands: ESA Requirements and Standards Division, , 2008c.

_____. **ECSS-Q-ST-10-09C** - space product assurance – nonconformance control system. Noordwijk, The Netherlands: ESA Requirements and Standards Division, 2008d.

EMBLEY, D. E.; THALHEIM, B. **Handbook of conceptual modeling: theory, practice and research challenges**. Berlin: Springer Verlag, 2011.

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES (IBM). **Rational engineering lifecycle management announcement**. Disponível em: <www.ibm.com/developerworks/mydeveloperworks/blogs/invisiblethread/entry/relm>. Acesso em: 02 Nov. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **R-TRP-1454** - Planilha de Controle de CCB – CBERS. São José dos Campos-SP, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **Standards**. Disponível em < <http://www.iso.org/iso/home/standards.htm>>. Acesso em: 27 Dez. 2013.

ISHIKAWA, K. **TQC- Total Quality Control: estratégia e administração da qualidade**, IMC, 1984.

JURAN, J. M.; GODFREY, A. B. **Juran's quality handbook**. 5.ed. McGraw Hill Companies, 1999.

KATSURAYAMA, A. E. **Apoio à garantia da qualidade do processo e do produto em ambientes de desenvolvimento de software orientado a**

organização. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Rio de Janeiro, 2008.

KIENBAUM, G. S. et al. A framework for process science and technology and its applications to systems engineering. In: ISPE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCURRENT ENGINEERING – CE2012, 19., 2012, Trier, DE. **Proceedings...** Tier: ISPE, 2012.

KIENBAUM, G. de S. et al. Towards unified conceptual modeling and integrated analysis in joint applications of project management, business process management and simulation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN SYSTEM SIMULATION (SIMUL 2013), 5., 2013, Venice, Italy **Proceedings...** Venice: IARIA, 2013.

LEEMIS, L. M. **Reliability:** probabilistic models and statistical methods. Prentice Hall, 30 de dezembro, 1994.

LEY, W.; WITTMANN, K.; HALLMAN, W., **Handbook of space technology.** 1. ed. John Wiley & Sons, LTDA, 2009.

MICROSOFT. **Microsoft office project. project management software.** Disponível em: <<http://office.microsoft.com/en-us/project/>>. Acesso em: 11 Nov. 2013.

NAIDOO, T.; MUEHLEN, M. Z. The state of standards and their practical. In: AIIM CONFERENCE AND EXPOSITION, 17., May, 2005, Philadelphia. **Proceedings...** Philadelphia: AIIM, 2005.

NANCE, R. E. The conical methodology and the evolution of simulation model development. **Ann. Opns. Res.** v. 53, p. 1– 45, 1994.

ONGGO, S. Methods for conceptual model representation. In: ROBINSON, S. et al. (ed.). **Conceptual modelling for discrete-event simulation.** Abingdon: Taylor and Francis, 2010. Cap. 13.

ONGGO, S. B. Towards a unified conceptual model representation: a case study in health care. **Journal of Simulation**, v.3, n. 1, p. 40-49, 2009.

PAIVA, L. R.C. de, **Guia dos principais processos do Serviço de Garantia do Produto (SGP)**, São José dos Campos: INPE, 2011 (GP-20.002/00).

PIDD, M. **Computer simulation in management science.** 3. ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1992.

PIDD, M. **Tools for thinking: modelling in management**. 2. ed. Chichester, UK: Wiley , 2003.

PRADO, D. **Administração de projetos com PERT/CPM**. Rio de Janeiro: LTC, 1984.

ROBINSON, S. Conceptual modelling for simulation Part I: definition and requirements. **Journal of the Operational Research Society**, v. 59, n. 3, p. 278-290, 2008.

SANTOS, C. A. M. B.; KIENBAUM, G. S. Uma Abordagem baseada em modelagem conceitual unificada aplicada ao gerenciamento do ciclo de vida do produto em engenharia simultânea de sistemas. In: WORKSHOP EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAIS, 4. (WETE), 2013, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. On-line. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3F48F8P>>. Acesso em: 27 nov. 2013.

SILVA, H. E.; PERONDI, L. F. Testes ambientais e verificação de requisitos em projetos da área espacial. In: WORKSHOP EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAIS, 1. (WETE), 2010, São José dos Campos . **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2010. v. IWETE2010-1053. DVD. ISSN 2177-3114. Disponível em <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/38UKP25>>. Acesso em 05 de novembro de 2013.

SILVA, L. A. **Uma abordagem unificada para modelagem, simulação e gestão por processos e sua aplicação aos serviços de integração e testes de produtos complexos**. 2013. 160 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2013/01.07.11.42-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 20130205. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3DBGB82>>. Acesso em 27 de março de 2013.

SIMPROCESS - **Product overview**. CACI, 2011. Disponível em: <<http://simprocess.com/products/products.html>>. Acesso em: 03 de junho de 2013.

SOUZA, P. N. **Curso introdutório em tecnologia de satélites**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, 2011. (INPE-9605-pud/126).

TRAVASSOS, P. R. N. **Uma abordagem integrada para gestão e simulação de processos e sua aplicação à gerência de projetos**. 2007. 176 p. (INPE-14819-TDI/1259). Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2007. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/06.12.18.51>>. Acesso em 15 de março de 2013.

TRAVASSOS, P. R. N.; KIENBAUM, G. S. **Gerenciamento de projetos e simulação de processos:** uma abordagem integrada. In: WORKSHOP DOS CURSOS DE COMPUTAÇÃO APLICADA DO INPE, 3. (WORCAP), 2003, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 277 - 282. CD-ROM, On-line. Disponível em: <<http://urlib.net/lac.inpe.br/worcap/2003/10.31.17.20>>. Acesso em: 23 abril. 2013.

WORKFLOW MANAGEMENT COALITION (WFMC). **Terminology & glossary.** Document Number -TC-1011, Document Status - Issue 3.0, February 1999, Disponível em: <www.wfmc.org>. Acesso em: 25 abril de 2013.

YASSUDA, I. S. **Ciclo de vida de projetos na área espacial.** São José dos Campos: INPE, 2010. 32 p. (sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/03.02.19.04-PUD IPV). Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3746NA8>>. Acesso em: 27 abril. 2013.

GLOSSÁRIO

Acceptance Review (AR) – Revisão de aceitação do projeto, na qual o dossiê de fabricação é revisado e são avaliados os resultados dos testes de aceitação, produzindo-se um veredito final acerca da aceitabilidade do produto para voo.

China Association for Science and Technology (CAST) – Agência espacial chinesa que trabalha em conjunto com o INPE no programa CBERS.

Business Process Management (BPM) – Metodologia de gestão para gerenciamento de processos, que pode ser auxiliada por ferramentas computacionais.

Business Process Modeling Notation (BPMN) – Notação utilizada pela metodologia BPM para criação de modelos de processos de negócio.

China Brazil Earth Resources Satellite (CBERS) – Programa espacial desenvolvido através de uma parceria entre Brasil (INPE) e China (CAST), que consiste no desenvolvimento de satélites de sensoriamento remoto dotados de câmeras para captura de imagens da superfície terrestre e de *transponders* para o sistema de coleta de dados.

Ciência e Tecnologia de Processos (CTP) – Abordagem holística e transdisciplinar que visa à criação, integração e a unificação de conceitos, métodos e técnicas para a modelagem e análise de processos discretos, a partir de metodologias tradicionalmente utilizadas de forma independente, provenientes de diferentes áreas de conhecimento.

Critical Design Review (CDR) – Revisão de projeto crítica onde é avaliado se o projeto já adquiriu maturidade suficiente para a fabricação do modelo de qualificação, na fase seguinte.

Configuration Control Board (CCB) – *Board* responsável por analisar e julgar pedidos de modificação de projeto.

Diagrama para Modelagem Conceitual Unificada de Processos (DMCUP) – Notação utilizada pela metodologia MCUP para criação de modelos de processos de acordo com diferentes tipos de visões.

Diagramas para Modelagem Unificada em Simulação (DMUS) – Denominação anterior da notação DMCUP em uma versão em que ela era utilizada apenas para apoiar a construção de modelos de simulação.

ECSS – A Cooperação Europeia para Padronização Espacial é uma iniciativa criada para desenvolver um único conjunto de padrões aceitos e praticados em todas as atividades espaciais europeias.

Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE) – Divisão do INPE que tem como missão o desenvolvimento de plataformas espaciais e suas cargas úteis, a inovação tecnológica, a formação de recursos humanos, a difusão do conhecimento, a manutenção e modernização de infraestrutura e a atuação na implementação de uma política industrial do INPE para o setor aeroespacial brasileiro.

Gestão de Documentação e Configuração (GDC) – Departamento da ETE/INPE que tem como objetivo registrar e relatar as informações necessárias para a efetiva gestão da configuração e controlar e distribuir toda a documentação do projeto.

Item de Ação (IA) – Objeto/Artefato marcado para a realização das correções necessárias apontadas através de RIDs.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – Instituição brasileira que tem como missão produzir ciência e tecnologia nas áreas espacial e do ambiente terrestre e oferecer produtos e serviços relacionados, visando obter o *know-how* e a autonomia nacionais em suas áreas de atuação.

ISO – *International Organization for Standardization*, conhecida como ISO, é uma entidade que atualmente congrega padronização/normalização de 170 países.

Laboratório de Integração e Testes (LIT) – Laboratório de integração e testes de dispositivos espaciais do INPE, constituído por um complexo de laboratórios que realiza a montagem, integração e testes de dispositivos espaciais para o programa espacial brasileiro.

Material Approval Request (MAR) – Pedido formal de autorização para a utilização de materiais não qualificados para uso espacial.

Material Review Board (MRB) – *Board* que analisa e julga não conformidades no programa CBERS.

Mandatory Inspection Point (MIP) – Inspeção realizada antes da montagem do produto.

Manufacturing Readiness Review (MRR) – Revisão para liberação do processo de manufatura, evento no qual o INPE autoriza a contratada a iniciar a fabricação de um modelo.

Modelagem Conceitual Unificada de Processos (MCUP) – Metodologia focada na criação de um modelo de referência dos processos do ciclo de vida de um produto ou serviço, que serve como elo comum para a criação dos demais modelos que derivam de sua extensão e diferenciação, a serem realizadas com base na visão específica de cada disciplina.

Part Approval Request (PAR) – Pedido formal de autorização para a utilização de partes (elétricas, eletrônicas, e mecânicas) não qualificadas para uso espacial.

Pedido de modificação – Pedido/Solicitação formal para efetuação de mudança de um atributo do produto relacionado com a engenharia do projeto.

Preliminar Design Review (PDR) – Revisão de projeto preliminar onde se avalia se o nível de especificação/definição do projeto é suficiente para a fabricação do modelo de engenharia na fase seguinte.

Part, Material and Process Control Board (PMPCB) – *Board* que analisa e julga PARs e MARs permitindo a utilização de partes (elétricas, eletrônicas, e mecânicas), materiais e processo não qualificados para uso espacial no programa CBERS.

Qualification Review (QR) – Revisão de qualificação do projeto onde é autorizado o início da fabricação do modelo de voo.

Review Item Discrepancy (RID) – Descrição formal das discrepâncias encontradas durante a revisão de projeto.

Serviço de Garantia do Produto (SGP) – Departamento o INPE/ETE que tem por objetivo organizar, coordenar, controlar e avaliar as atividades de confiabilidade, garantia da qualidade (hardware e software) e de partes (elétricas, eletrônicas, e mecânicas), materiais e processos aplicados aos projetos e programas espaciais de engenharia do INPE.

Test Review Board (TRB) – *Board* responsável pela emissão de parecer, em um evento realizado depois dos testes para verificar e documentar os resultados e impactos dos mesmos nos equipamentos.

Test Readness Review Board (TRRB) – *Board* responsável pela emissão de parecer para liberação dos testes dos equipamentos, onde são verificados todo o ferramental e as especificações dos equipamentos a serem testados.

APÊNDICE A – MODELAGEM CONCEITUAL UNIFICADA DE PROCESSOS: UMA METODOLOGIA PARA A REALIZAÇÃO DE ESTUDOS EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PROCESSOS

Este apêndice apresenta uma metodologia em construção, isto é, uma abordagem sistemática visando a criação e análise de modelos de processos do ciclo de vida de produtos de sistemas complexos (produtos e/ou serviços). Esta metodologia faz uso, de uma forma integrada e unificada, de diferentes técnicas, tais como: modelagem de processos, gerenciamento de projeto, gestão de processos de negócios e simulação.

O processo de modelagem inicia-se com a criação de um modelo de referência unificado que a seguir é transformado em diversas representações multifacetadas e consistentes entre si, com o objetivo de se obter benefícios complementares resultantes da aplicação de visões disciplinares diferenciadas. A abordagem é demonstrada fazendo uso de um modelo acadêmico, descrevendo uma livraria on-line, mas prevê aplicações para sistemas reais e seu uso no gerenciamento do ciclo de vida de produtos em geral.

A.1 O Problema da Livraria On-Line

O estudo de caso escolhido para demonstrar a aplicação da metodologia proposta neste trabalho é uma hipotética livraria *on-line*, conforme apresentado em Aalst (2003).

O modelo de processo da Livraria virtual pode ser decomposto em três diferentes subprocessos, cada um correspondendo a diferentes classes de entidade ou participantes do processo: os clientes (*Customers ou Clients*), a própria Livraria on-line (*Bookshop*) e a editora (*Publisher*).

Os clientes acessam a página da Livraria *On-line* através da Internet. Inicialmente, o Cliente coloca uma ordem para um livro por meio do preenchimento de um formulário e um cadastro com seus dados pessoais, feito

pelo sistema. A Livraria envia o pedido do cliente para um editor, que irá verificar se o livro existe em estoque. A Editora envia uma mensagem para a Livraria com a informação solicitada e, se o livro não estiver disponível, a Livraria *on-line* comunica esse fato ao Cliente e o processo é encerrado. Se o livro está disponível, a Livraria *on-line* fornece esta informação ao Cliente e paga antecipadamente a Editora, que envia o livro diretamente para o Cliente e notifica a Livraria do fato. A Livraria envia a fatura para o Cliente, que paga a Livraria em seguida e todo o processo é concluído.

A.2 Modelagem Conceitual Unificada de Processos e o Modelo de Referência

O modelo de referência é criado no início do processo de modelagem, fazendo uso da notação MCUP (Diagrama para Modelagem Conceitual Unificada de Processos) ou ULMD (*Unified Lifecycle Modeling Diagrams*), e é usado para manter a consistência dos modelos de PM (*Project Management*), BPM e de Simulação, a ser criados posteriormente, fazendo uso das ferramentas apropriadas. A Figura A.1 apresenta o modelo de referência do problema da Livraria *On-line*.

As cores verde, vermelho e azul estão associadas às principais entidades envolvidas: o *Customers (Client)*, o *Bookshop* e a *Publisher*, respectivamente. Os quadrados são macro processos ou atividades individuais (transformações que requerem tempo real para ser executadas) e os círculos representam as filas ou a localização exata em que cada uma das entidades (ou fluxo de controle) se encontram em um dado momento em relação ao percurso total a ser realizado por elas ao longo do ciclo de vida do processo. Na realidade, pode-se pensar nesses locais como bancos de dados ou repositórios de conhecimento transportados ou produzidos pela entidade naquele ponto específico de sua trajetória e o conjunto completo desses bancos de dados como o modelo descritivo (estrutural), enquanto o mapa do processo mostra o modelo dinâmico correspondente ao processo de evolução do produto ao longo

de seu ciclo de vida. Se um produto complexo está em construção, pode-se pensar que uma representação completa (incluindo os aspectos funcionais do produto, utilizando-se, por exemplo, a notação SysML) poderia ser um artefato produzido por uma atividade de transformação em algum momento ao longo do fluxo de trabalho do processo de desenvolvimento do produto.

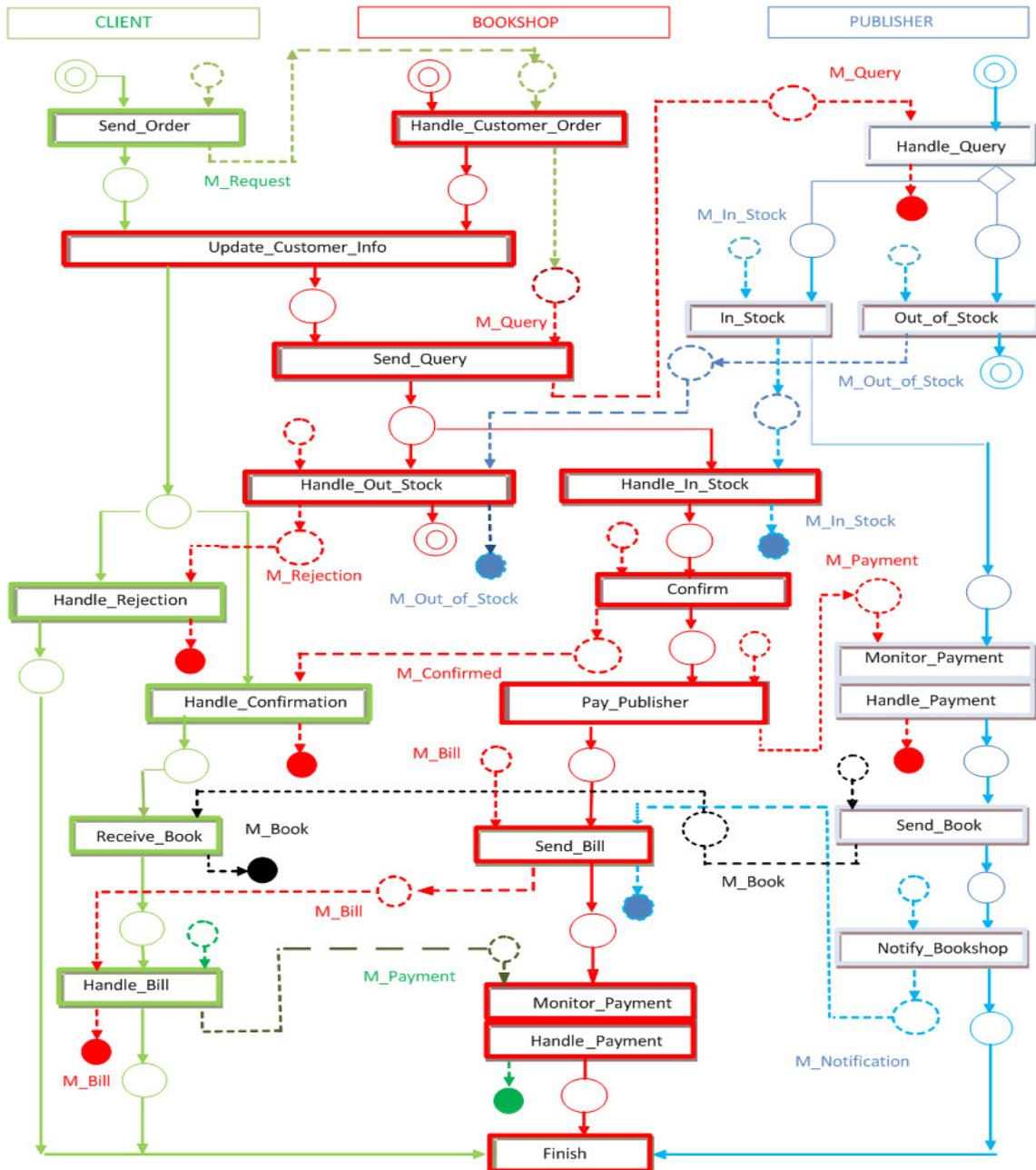


Figura A.1 – Modelo de referência da Livraria On-Line
 Fonte: Santos e Kienbaum (2013)

Este tipo de diagrama mostra aspectos importantes da lógica do modelo, tais como: as principais entidades que estão envolvidas, o fluxo de controle, a comunicação entre os processos individuais, as filas do sistema e os recursos que são necessários para a realização ou responsáveis pela execução de cada atividade.

No caso de Customer, apenas um indivíduo de cada vez é responsável por uma determinada atividade que está sendo executada pertencente ao processo representativo do seu ciclo de vida, mas outras entidades responsáveis pela execução de outras atividades dos seus respectivos ciclos de vida podem ter múltiplos recursos a ela associados, o que poderia significar que várias instâncias de uma ordem ou de outro tipo de entidade principal fluindo através do mapa de processo podem ser processadas simultaneamente.

Os recursos fazem parte dos bens de capital ou quadro de pessoal da organização e podem ter um custo associado a sua utilização, bem como sua disponibilidade estabelecida através de um cronograma variando de acordo com o dia da semana, por exemplo.

A quantidade de recursos de cada tipo pode ser fixada com base em considerações de custo ou o rendimento desejado do sistema pode ser escolhido como a variável de controle principal para fins de otimização do processo e daí ser derivada a carga de trabalho a ser atribuída aos recursos para que o objetivo fixado seja atingido. Os recursos necessários podem ser obtidos fazendo uso de modelagem dos processos, experimentação com base em simulação e análise de desempenho.

A.3 O Modelo de Gerência de Projetos e sua Implementação

A maneira tradicional de se descrever um projeto é representando-o como uma rede sequenciada de atividades, por meio de diagramas conhecidos como PERT, uma técnica conhecida e bem documentada, usada para o gerenciamento de projetos de engenharia, seja ele um serviço prestado por

uma empresa ou a fabricação de um produto industrial, visando o planejamento e controle de sua execução (PRADO, 1984).

Um projeto é tradicionalmente visto como "um empreendimento único, com duração determinada, formalmente organizado, que agrega e aplica recursos visando o cumprimento preciso de objetivos pré-estabelecidos" (PMI, 2013).

Esta maneira de visualizar projetos como "empreendimento único" pode ser a razão pela qual os projetos têm sido tradicionalmente tratados, na literatura da área e por criadores de sistemas de apoio ao seu desenvolvimento baseados em computador, como uma questão completamente dissociada da gestão de processo de negócios empresarial e dos processos industriais de fabricação em série.

A analogia entre estas áreas de estudo e seus tipos particulares de problemas tornam-se evidentes, entretanto, quando se considera um projeto não como um processo único, mas como um processo em série ou, equivalentemente, quando se olha para ele como um multi-projeto, feito pela repetição, feita em paralelo e, possivelmente, com algum atraso, de múltiplas instâncias de seu processo básico único.

O objetivo de um estudo de gerenciamento de projetos poderia, desta forma, ser visto como a determinação do processo básico ideal do projeto, que corresponderia à distribuição otimizada de todos os recursos alocados para alcançar o melhor desempenho, tanto em termos do tempo de processamento e do custo total, como destes mesmos parâmetros com relação aos estágios ou fases da execução do projeto.

O modelo de PM, em um estudo baseado em CTP, consiste na implementação do diagrama DMCUP que descreve o modelo de processo de sistemas de forma concisa e com todas as suas funcionalidades essenciais em sistemas de PM. A Figura A.2 ilustra o modelo de PM em diagrama PERT.

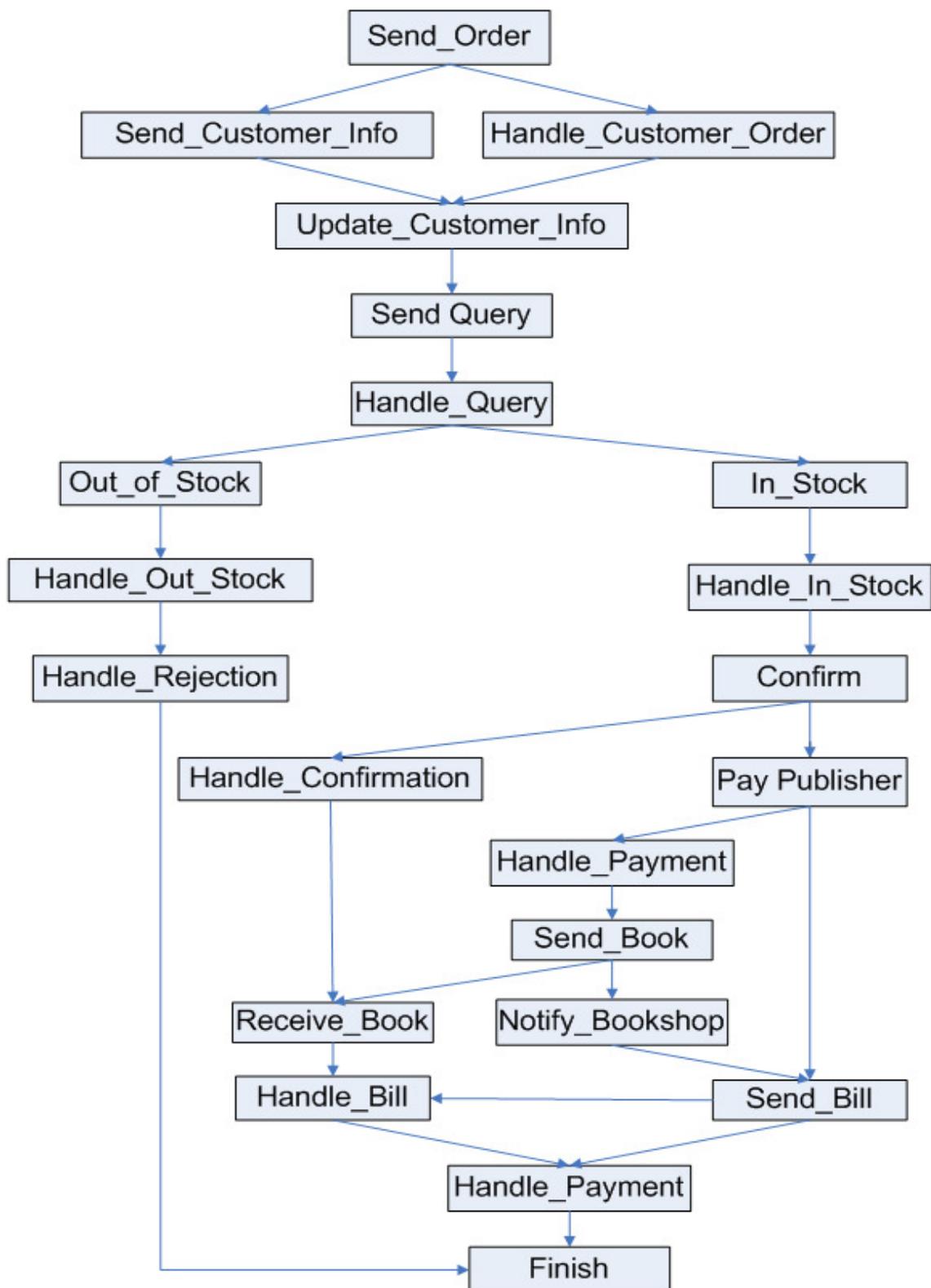


Figura A.2 – Modelo da Livraria On-line em diagrama PERT
 Fonte: Kienbaum et al. (2013)

Estes modelos são utilizados para a análise e gestão do projeto em desenvolvimento, incluindo a identificação do caminho crítico, o balanceamento de recursos para reduzir parcialmente o tempo do ciclo do modelo, fazendo uso de funcionalidades de simulação existentes nestes sistemas, ou através da implementação concomitante do modelo em um sistema de simulação como uma ferramenta para a condução de uma análise separada.

A.4 O Modelo BPM e sua Implementação

Um processo de negócio ocorre quando diferentes entidades (pessoas e / ou organizações) interagem para atingir um objetivo de negócio comum. O modelo de processo de negócio é descrito por uma rede de atividades ou fluxo de trabalho, isto é, a forma como as entidades interagem para executar determinadas tarefas, a fim de atender aos objetivos do negócio.

A área de estudo BPM utiliza a notação BPMN para a criação de modelos representativos dos processos de desenvolvimento de produtos ou serviços realizados por uma organização, a fim de melhor compreendê-los e permitir a sua melhoria contínua.

Bizagi é um Sistema de Apoio ao Gerenciamento de Processos de Negócios (*Business Process Management System - BPMS*), um sistema utilizado para a implementação de soluções para modelar, analisar, gerenciar e melhorar o desempenho dos processos de negócio de uma organização (PIDD, 1992).

O Bizagi oferece uma interface gráfica para o usuário projetar processos de negócios com base na notação BPMN - chamado *Process Modeler* - e um ambiente chamado Bizagi Suite, para a implementação de aplicativos para auxiliar a operação, a automação do sistema real, a gestão e controle dos processos, bem como o acompanhamento dos resultados e da análise de desempenho, a fim de melhorar continuamente os processos de negócio de uma organização.

Editores gráficos, como o *Process Modeler*, permitem a construção de modelos de processos de negócios, representativos de operações complexas realizadas por organizações, fazendo uso de uma rede de objetos gráficos, constituída principalmente por atividades, nós denotativos de decisão e de sincronização, bem como linhas que mostram os caminhos percorridos pelas entidades ou fluxo de controle (sequência de execução das atividades). Um BPMS, como o Bizagi, oferece diversas funcionalidades para ajudar o desenvolvimento de aplicações automatizadas de BPM, tais como:

- Construção de modelos, geração de fluxo de trabalho, execução, controle, gestão, automação e simulação de processos de negócio;
- Monitoramento em tempo real;
- Melhoria na comunicação e qualidade dos processos de negócio;
- Aumento da eficiência e da produtividade;
- Otimização e melhoria contínua dos processos de negócio a baixo custo.

O editor apresenta um painel para criação dos modelos onde é necessário arrastar e soltar os elementos BPMN para efetuar a prototipagem rápida de novos modelos, assim como a manutenção ou reutilização de modelos já existentes. Cada componente pode ser introduzido individualmente e configurado, fazendo uso dos padrões representativos dos elementos BPMN, permitindo ao utilizador uma rápida construção dos modelos.

A Figura A.3 ilustra a transformação do modelo de referência DMCUP na representação BPMN utilizando o editor gráfico do Bizagi.

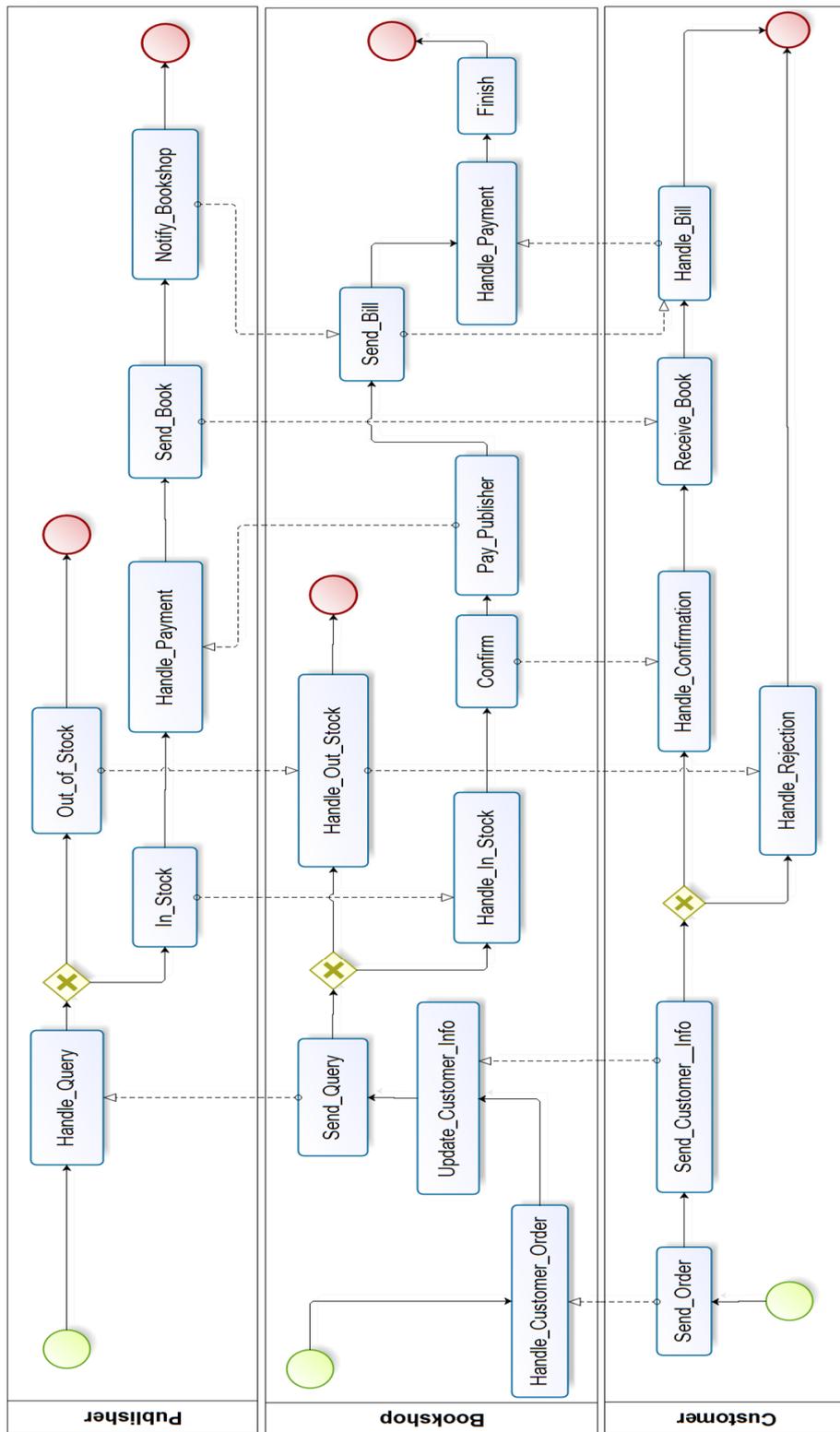


Figura A.3 – Modelo da Livraria On-line no Bizagi
 Fonte: Kienbaum et al. (2013)

Os processos do *Customer*, do *Bookshop* e do *Publisher*, mostrados no modelo de referência, foram descritos na forma de processos modulares e distribuídos utilizando a notação BPMN, mantendo-se uma correspondência um-para-um das atividades com aquelas existentes no diagrama DMCUP. Os processos foram implementados desta forma distribuída e foram sincronizados por meio do envio de mensagens, que interligam as atividades de cada piscina, cada uma representando os processos do ciclo de vida de uma dada entidade.

Uma observação interessante deve ser feita em relação à duplicação aparente da atividade *UPD_C_Info*, que foi originalmente descrita como uma única atividade sob a responsabilidade do agente *Bookshop*, executada em cooperação com o agente do *Customer*, no modelo DMCUP e agora é retratada como um Envio-Recebimento de mensagem na representação em BPMN. Na realidade, este tipo de atividade acoplada ou sincronizada, indicado no modelo DMCUP, é muito comum e já foi explicitamente representada em outras partes do modelo, tais como: *S_Query / H_Query*, *In_Stock / H_In_Stock*, *Out_of_Stock / H_Out_of_Stock*, *Confirmation / H_Confirmation*, *Pay_Publisher / H_Payment* e *S_Bill / H_Bill*. Essas atividades acopladas podem ser representadas como tarefas agrupadas, realizadas sob a responsabilidade de um único agente, ou como atividades sincronizadas executadas em módulos diferentes, caso em que eles são representados por pares de atividades e pelo Envio / Recebimento de mensagens interligando-as. Essas atividades são executadas de forma sincronizada, no sentido em que seus agentes interagem durante a sua execução e são liberados para continuar seus processos de ciclo de vida individuais após essas atividades estarem finalizadas. Ambos os tipos de representações refletem uma construção lógica semelhante e foram usados alternadamente nas implementações do modelo de processo de negócio descrito nesta seção e no modelo de simulação a ser descrito no capítulo VII deste artigo.

A descrição inicial do modelo BPMN, construído com *Process Modeler*, pode ser importado para o módulo *Bizagi Suite*. Por exemplo, certas atividades

podem exigir um formulário para entrada de dados pelo usuário. Estes formulários podem ser projetados pelo desenvolvedor do aplicativo e globais locais variáveis podem ser definidas para a parametrização do modelo e determinação do fluxo de controle. Bases de dados, ligadas ao sistema real em operação, também podem ser utilizadas. Existem vários objetos que podem ser configurados para expressar diferentes tarefas pré-definidas e um mecanismo de relatório vinculado às bases de dados, auxiliando a gestão e análise da operação do sistema real.

As funcionalidades do Bizagi *Suite* permitem que o modelo possa ser implementado e colocado em operação. A utilização deste módulo adicional permite a colocação em operação do modelo implementado na forma de um aplicativo *Web* acessível por navegadores usuais. Um mecanismo de gerenciamento de execução fornece o controle do fluxo de trabalho das atividades a serem realizadas pelos agentes, permitindo que o aplicativo criado seja utilizado como uma componente de *software* destinada a apoiar a gestão do sistema real.

A.5 O Modelo de Simulação e sua Implementação

De forma similar ao modelo de representação BPMN, criado com o Bizagi, o modelo de simulação é construído com base no modelo de referência. Na ausência de mecanismos automáticos para a transformação e verificação do modelo, este procedimento requer uma verificação, por parte do próprio modelador, para checar a fidelidade entre o modelo de simulação e o modelo de referência. A transformação da notação DMCUP em um fluxo de trabalho das atividades a serem implementadas, utilizando os elementos gráficos do Simprocess, é feito de forma bastante direta e simples. Pode-se manter a correspondência um-para-um entre as atividades, como mencionado, no caso de o BPD mostrado acima, mas foi escolhida a aglutinação de algumas atividades sob a forma de macro atividades, como uma forma de realçar a equivalência entre estas representações. A Figura A.4 ilustra o modelo Livraria

O Simprocess é uma ferramenta para modelagem hierárquica de processos para simulação, que combina modelagem de fluxo de trabalho com capacidades de simulação de eventos discretos e análise de Custo Baseado em Atividades (*Activity Based Cost - ABC*) em um único ambiente, com uma Interface Amigável ao Usuário (*Graphical User Interface - GUI*) para modelagem de processo (SIMPROCESS, 2013).

O Bizagi e o Simprocess não têm mecanismos de integração especiais, exceto para importação/exportação utilizando modelos em formatos XPD, que não são totalmente compatíveis. A integração destes tipos de sistemas é uma tendência, no entanto, e os fabricantes do Simprocess anunciam a existência de mecanismos visando facilitar a integração com BPMS *Ultimus* e com o MS *Project*, o que o torna uma opção interessante para explorar a implementação dos conceitos de Modelagem Conceitual Unificada de Processos propostos neste trabalho.

A versão mais atualizada do Bizagi (*Process Modeler* versão 2.5) apresenta também algumas funcionalidades para a execução de simulação, mas estas funcionalidades não substituem o uso de um sistema de simulação como o Simprocess, porque este último tem componentes pré-construídas para a criação de modelos mais complexos, tornando-os mais fiéis ao sistema real e permitindo a elaboração de projetos de experimento e de uma análise de desempenho mais adequada, fazendo uso de diferentes cenários.

O modelo construído utilizando o Simprocess, apresentado na Figura 4, tem seis tipos de entidades definidas, a saber: *Customer*, *Bookshop*, *Publisher*, *Message*, *Book* e *Payment*. As entidades *Customer*, *Bookshop* e *Publisher* são as mesmas definidas no modelo DMCUP. As cores utilizadas no diagrama são: preto para *Customer*, vermelho para *Bookshop* e azul para *Publisher*. As linhas contínuas representam o fluxo de controle ou o caminho das entidades e as linhas tracejadas representam a troca de mensagens entre os processos. As cores indicadas pelas linhas tracejadas são associadas com a classe de

entidade que gerou a mensagem. As linhas contínuas verdes indicam vias em que participam mais de um tipo de entidade, por uma questão de simplificação da representação gráfica do modelo, embora estes fluxos de entidade pudessem ser repetidos e diferenciados pelas suas cores originais, se assim desejado.

As instâncias de entidade da classe de *Message* são criadas ou tem seu tipo transformado quando um processo precisa enviar certo tipo de mensagem, por exemplo, no momento em que o *Customer* entra no sistema e preenche um formulário (*book order*), quando o *Bookshop* envia este formulário para o *Publisher* (*query*) e quando o *Publisher* responde ao pedido de informações (*book in or out of stock*). As entidades *Bookshop* e *Payment* tem uma natureza semelhante à entidade de *Message*, elas foram criadas para representar o caminho do *Book* e do *Payment* seguido no sistema, respectivamente. Adicionalmente a essas entidades, existem dois tipos de recursos criados, chamado *Bookshop Resource* e *Publisher Resource*, para permitir as execuções múltiplas de atividades realizadas sob a responsabilidade das entidades *Bookshop* e *Publisher*.

O sistema foi testado para o aumento gradual da carga de trabalho e a determinação do período de *Warm up*. O período de *Warm up*, o tempo necessário para que o sistema atinja o estado de equilíbrio, foi determinada com base na quantidade de *Customers* sendo processados no sistema. Algumas telas gráficas padrões, pré-estabelecidas, podem ser ativadas no *Simprocess* para ajudar a realizar esse tipo de análise.

A carga máxima do sistema foi determinada pela variação da quantidade de recursos disponíveis de cada tipo em diferentes simulações. Inicialmente, os recursos foram definidos de forma independente para cada atividade e apenas uma instância de cada tipo foi disponibilizada. A quantidade de recursos disponíveis foi aumentada gradualmente até que não houvesse mais entidades à espera de recursos nas filas em frente de cada atividade e foi atingido o

número total de recursos ocupados. Com base nesses números novas simulações foram executadas com apenas dois tipos de recursos definidos, conforme descrito anteriormente: *Bookshop Resource* e *Publisher Resource*.

O número total de recursos, necessários para este último caso, é um pouco menor do que a soma total dos recursos individuais anteriormente listados. Isto é devido ao fato de que quando são usados apenas dois tipos de recursos, eles podem ser atribuídos em diferentes pontos do ciclo de vida dos processos das entidades que estão sendo servidas, evitando a formação de alguns gargalos. O uso de recursos individuais em cada atividade pode resultar em um excesso de oferta local, mas estes recursos individuais não podem ser alocados em outras partes do ciclo de vida dos processos das entidades, e por isto não melhoram o rendimento do processo.

Existem outras variáveis pré-definidas para a avaliação dos modelos utilizados, além do número total de *Customers* no sistema, tais como a quantidade de *Customers* a serem processados ou aguardando em pontos específicos ao longo dos processos de seu ciclo de vida (atividades ou filas, respectivamente), bem como a soma da quantidade de recursos ocupados e o percentual do tempo em que eles estiverem ocupados.

A.6 Análise Integrada e Avaliação dos Resultados

A.6.1 Domínio da Aplicabilidade e Limites da Abordagem

O domínio de aplicação da abordagem proposta pela Modelagem Conceitual Unificada de Processos e sua aplicação em PLM de produtos e serviços complexos é dada pelos sistemas de eventos discretos que podem ser adequadamente representados pela representação DMCUP, que é uma criação híbrida de DCA e de diagramas PERT de atividades. Esta classe de problema tende a ser muito grande, porque uma rede de atividades, bem como a sua forma particular conhecida como DCA, é uma boa representação dos processos executados em sistemas de eventos discretos em geral. Uma

observação adicional a este ponto é que este tipo de diagrama é destinada exclusivamente para a modelagem de processos do ciclo de vida do produto, ao passo que outros tipos de diagramas, tais como SysML, serão utilizados para outras descrições estáticas e dinâmicas de produtos, tornando o procedimento geral de modelagem muito poderoso.

DMCUP é essencialmente um subconjunto de BPMN, mas é necessário como notação de Modelagem Conceitual Unificada de Processos, porque seu nível de abstração é muito maior, com o objetivo de permitir uma modelagem flexível com o número mínimo de elementos. O tipo de problema que pode ser representados pela notação DMCUP inclui até mesmo sistemas de eventos discretos com uma natureza cíclica, como um processo de produção em série. A transformação de uma rede de atividades de natureza cíclica em diagramas do tipo PERT é possível e foi demonstrada em Travassos (2007), uma vez que a via principal e as suas ramificações não precisam corresponder a uma das entidades reais sendo processadas no modelo. Estes caminhos podem ser descritos por uma entidade virtual "ordem de execução ou fluxo de controle" que se dividem em ramos que são executados em paralelo ou que apresentam um retorno para execução de retrabalho, caso se revele necessário, da mesma forma que se pode usar BPMN para descrever processos complexos.

A aplicação da metodologia e ferramentas derivadas da área de gerenciamento de projetos é baseada na ideia de que o processo de produção ou seu segmento atualmente em análise pode ser visto como um projeto único. As instanciações sucessivas que representam os diferentes lotes de produtos são tratadas pela replicação do processo básico, que pode ser reiniciado qualquer número de vezes, com ou sem um atraso no tempo, criando uma rede de atividades cuja representação gráfica é desenhada e executada sequencialmente, da esquerda para a direita ou de cima para baixo.

Processos de produção em série são, portanto, representados como o equivalente a um processo/projeto complexo de natureza múltipla, feito de

várias instâncias de um único processo, cada instância inicializada com um instante de início diferente.

Não há necessidade de se considerar de múltiplos projetos com um elevado número de processos idênticos, porque o tempo de término do primeiro processo limita o número de processos total simultaneamente ativos no sistema. O estado estacionário do comportamento do sistema é atingido desta forma com base no número máximo de processos simultâneos que podem ser realizados em qualquer momento.

Em alguns casos, pode ser necessário repetir algumas partes de um processo para criar uma representação gráfica completa do mesmo, se uma mesma entidade necessita repetir uma certa sequência de atividades por um determinado número de vezes, de modo diferente do tratamento descrito acima para ciclos que são originados da chegada de sucessivas ordens de serviço ou entidades.

Um problema surge quando o número de vezes que um segmento tem de ser repetidos é dependente de um atributo variável para as diferentes instâncias de uma classe de entidades a ser processadas no modelo. Neste caso, o processo pode não ser passível de descrição neste nível de detalhe como um diagrama de atividades PERT que precisa ser atravessado apenas uma vez pela referida classe de entidade ou transação existente no modelo.

Nestes casos o problema só pode ser descrito como um diagrama de atividades PERT se o nível de detalhe for reduzido, isto é, se o problema for modelado num nível hierárquico mais elevado, com alguns detalhes encapsulados numa atividade macro, considerada como uma atividade única, para o propósito de se conduzir a análise complementar do tempo e do custo usando as técnicas de gerenciamento de projeto propostas pela abordagem.

A.6.2 Benefícios da Metodologia e de suas Ferramentas

A ideia é tirar proveito da aplicação conjunta de vários modelos e técnicas de análise que podem ser utilizados em apoio ao gerenciamento dos processos do ciclo de vida do produto (*Product Lifecycle Management*) para auxiliar o desenvolvimento de produtos e serviços complexos, a fim de se beneficiar dos aspectos complementares em que cada uma dessas técnicas é especialmente forte.

Do ponto de vista de gerenciamento de projeto, espera-se que a aplicação de BPM e simulação em PM irá complementar os benefícios da aplicação isolada da técnica PM. Aplicações de BPM podem ser construídas para automatizar e ajudar o processo de gestão. A avaliação do projeto será feita por uma combinação dos procedimentos normais utilizados na gerência de projetos acrescidos da técnica de simulação, com o objetivo de melhorar a compreensão dos fatores e estratégias que afetam significativamente a execução do projeto.

A análise de multiprojetos utilizando simulação, projetos esses constituídos por vários projetos individuais de idêntica natureza, irá produzir uma melhor compreensão das características desses projetos ou processos simples e permitir a melhoria do seu processo descritivo, por meio da otimização na alocação de recursos e redução no tempo de execução desses processos, contribuindo para o controle dos custos de execução das atividades.

A otimização será baseada na dissociação do tempo de atraso pela permanência em fila das entidades que aguardam diante de cada atividade de tempo real para execução da atividade, o que é estabelecido como uma estimativa agregada nos estudos atuais de gerenciamento de projetos, com base em estimativas conservadoras. A redução destes tempos de espera, aumentando o número de recursos alocados, mantendo o controle de seus custos relativos, deve produzir por si só um grande ganho de produtividade na execução de projetos específicos.

O ganho de produtividade será ainda maior quando se considera o fator de escala, existindo sistemas em que múltiplos projetos ou múltiplos processos reais precisam ser realizados, com o tempo de início apenas deslocado entre eles e os seus processos sendo executados em paralelo, por grandes equipes de trabalho divididas em classes por suas especialidades.

A falta desse tipo de análise, em estudos de gerenciamento de projetos efetivamente realizados, é explicada pelo fato de que as ferramentas de software existentes, utilizadas nessa área de estudo, não têm recursos para a experimentação de formas alternativas para a modelagem de seus processos, para a animação da passagem de tempo e para a experimentação no tocante à atribuição dinâmica de recursos, no caso de múltiplos projetos. Estes são claras deficiências destes sistemas, quando são comparados com os sistemas existentes de simulação. Estes mecanismos serão uma componente essencial para a criação de um ambiente híbrido de PM, BPM e Simulação de acordo com a proposta aqui apresentada.

Estudos de Simulação realizados com este ambiente híbrido permitirão o acompanhamento do mapa completo das dependências e sequenciamento de todas as atividades, bem como dos recursos alocados no modelo. A experimentação e a avaliação do modelo de Simulação serão melhoradas e a produtividade será aumentada em alguns segmentos ou no ciclo de vida dos processos como um todo, através da otimização da alocação de recursos e a minimização dos tempos de conclusão, sujeito a restrições de custos.

Este resultado pode ser alcançado através da criação de mecanismos pré-estabelecidos, que sejam independentes do modelo específico em estudo, permitindo que a avaliação do modelo para aumento de sua produtividade torne-se parte integrante dos objetivos dos estudos de gerenciamento de projetos. Estes mecanismos independentes do modelo podem ser desenvolvidos usando funcionalidades existentes, ou podem ser criados

totalmente se estas funcionalidades ainda não estiverem disponíveis, em um ambiente integrado de PM, BPM e Simulação.

A.6.3 Estado Atual e Pesquisas Futuras

O modelo DMCUP da Livraria on-line foi implementado tanto no Bizagi quanto no sistema de simulação do Simprocess. Essas implementações foram realizadas por grupos de alunos de pós-graduação como projeto final do curso de Simulação de sistemas. A escolha do sistema de aplicação acima foi feita, exclusivamente, devido à sua disponibilidade como material do curso, mas qualquer software existente relacionado à PM, BPM e Simulação de processos, disponível no mercado, pode ser utilizado para teste dessa fase exploratória do desenvolvimento da metodologia.

Conceitos como a determinação dos tempos ociosos das entidades nas filas em frente às atividades do processo e a alocação dinâmica de recursos por meio do uso de simulação foram aplicados, reduzindo o tempo de conclusão do processo (como um todo) e os custos do modelo. Conceitos como caminho crítico e tempo de conclusão de segmentos do processo, típico da técnica de gerenciamento de projetos, não foram aplicados no estudo, uma vez que o objetivo do curso foi a aplicação conjunta apenas de BPM e técnicas de Simulação. A realização de esforços nesse sentido pode ser uma proposta para pesquisas futuras, com o objetivo de proporcionar uma maior produtividade e uma análise mais aprofundada para a identificação de estratégias alternativas para a operação do sistema.

Como esperado, as ferramentas escolhidas para implementação demonstraram suas deficiências em lidar com alguns aspectos da modelagem, como a replicação dos modelos dos processos e a realização de experiências com multiprocessos, no caso de simulação, bem como para fazer com que a duração da atividade dependa da quantidade de recursos de cada classe a ela alocados no modelo, no caso de uma ferramenta BPM.

APÊNDICE B – Modelagem dos Processos do SGP

Este apêndice apresenta a modelagem e a descrição, em um segundo nível hierárquico, das principais atividades realizadas pelo SGP durante as fases do projeto apresentados no capítulo 3.

Para uma visão integrada do gerenciamento do ciclo de vida dos processos do SGP e para buscar maximizar a eficiência e a efetividade dos mesmos, serão adotados os conceitos e técnicas que foram descritos através da arquitetura de conhecimento de CTP (Figura 2.2).

Esta metodologia é representada pela parte inferior da arquitetura de conhecimento de CTP, onde ocorre a gestão da organização da produção. Com esta análise objetiva-se uma melhor compreensão da operação dos processos individuais e dos processos de serviço da garantia da qualidade do produto como um todo, possibilitando a melhoria na operação do sistema geral.

Os processos correspondentes à parte superior da arquitetura de conhecimento de CTP, onde apresenta um modelo de processos em alto nível dos procedimentos realizados pela engenharia de Sistemas e pela Gerência do Projeto ao longo do Ciclo de vida de um produto, são de responsabilidade das empresas contratadas pelo INPE, para o desenvolvimento dos subsistemas do satélite CBERS.

A realização destes processos não compete ao SGP, entretanto o SGP recebe destas empresas os Modelos de Engenharia, Qualificação e Voo, correspondentes aos diversos estágios de evolução do produto ao longo do seu ciclo de vida.

Os principais modelos de processos, correspondente ao ciclo de vida do satélite CBERS com a participação do SGP, descritos em um nível macro no capítulo 3, serão detalhados a fim de que seja possível visualizar o processo

como um todo e compreender a complexidade de coordenação das diversas atividades envolvidas dentro deste contexto.

Ao se analisar os processos de serviço para a gestão da garantia do produto pelo SGP a aplicação da metodologia, preconizada pela CTP, a partir de uma Modelagem Conceitual Unificada de Processos e do uso do conhecimento sobre o produto oriundo das visões provenientes de várias disciplinas, será de vital importância no detalhamento dos processos.

B.1 Modelagem dos Processos em BPMN

Para a representação dos processos da gestão da organização será utilizada a notação BPMN através da ferramenta *Bizagi Process Modeler*. Com a utilização desta ferramenta é possível obter uma visão ampla dos processos realizados pelo SGP, apoiando a melhoria contínua dos mesmos.

B.1.1 Fase B – Revisão Preliminar do Projeto (PDR)

Conforme mencionado anteriormente, o SGP inicia sua atuação, durante o ciclo de vida do satélite CBERS, na Fase B do projeto (Revisão Preliminar). Nesta etapa é realizado um evento onde o projeto preliminar do satélite, apresentado pela contratada, é revisado pelo INPE através de uma banca examinadora. Esta banca é composta pela gerência do programa CBERS, pelo SGP, por arquitetos (térmicos, elétricos, mecânicos, entre outros) e pelo fiscal do contrato (responsável por fiscalizar o contrato entre o INPE e a contratada).

Durante a revisão preliminar, e de todas as outras revisões que ocorrem ao longo do ciclo de vida do projeto (CDR – Critical Design Review, QR - Qualification Review e AR - Acceptance Review), o SGP é responsável por examinar todos os requisitos referentes à garantia do produto. O fluxo de atividades desenvolvidas durante todas as Revisões de Projeto pode ser ilustrado através da Figura B.1, que é um segundo nível de detalhamento da Figura 3.1.

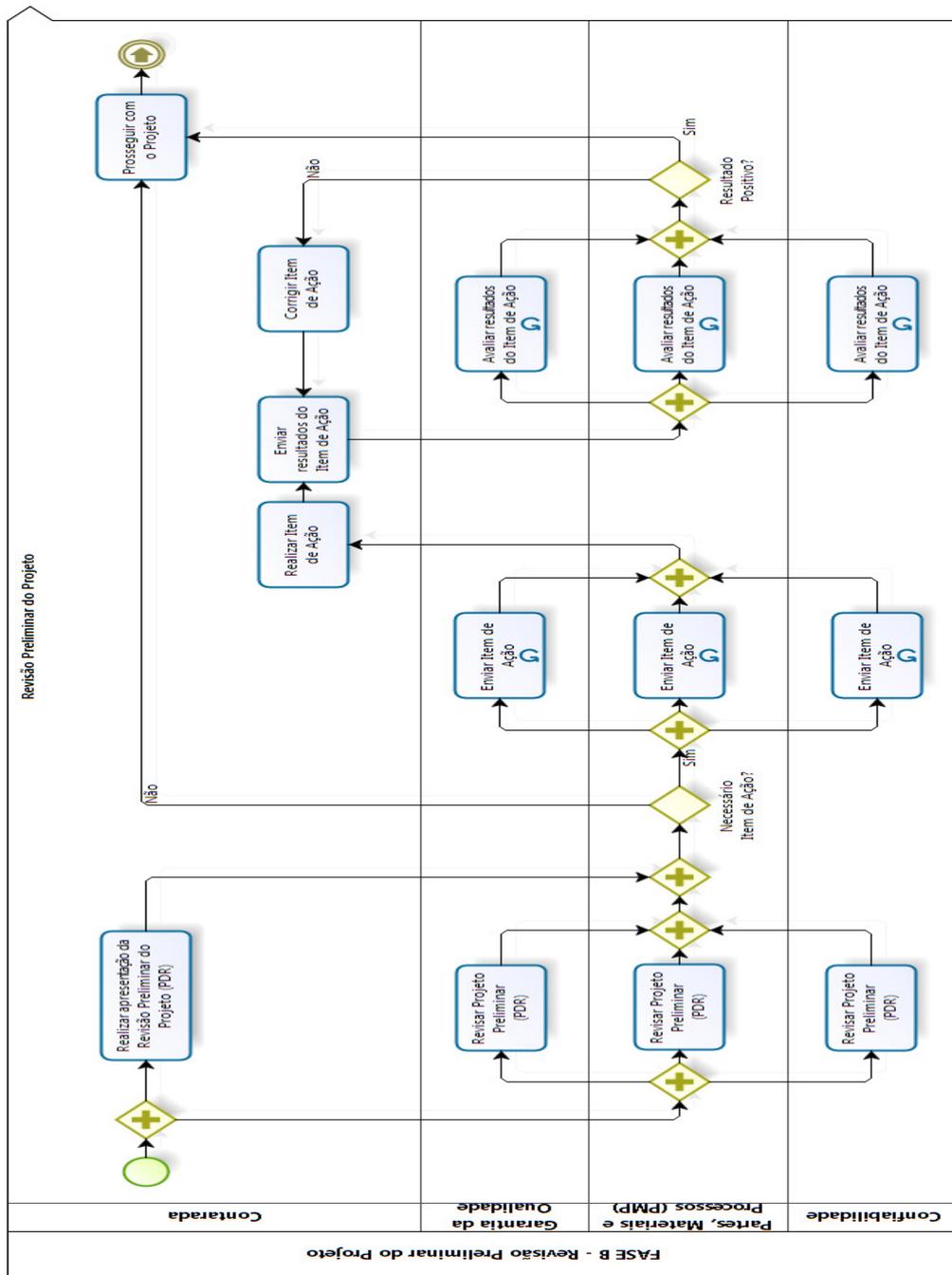


Figura B.1 – Revisão Preliminar do Projeto (FASE B)

Após toda a análise realizada pelo SGP, durante a revisão de projeto, podem surgir algumas ações corretivas para a contratada. Estas ações são emitidas formalmente através RIDs (*Review Item Discrepancy*), onde são descritos

todas as discrepâncias encontradas ao longo da análise. A RID se torna, quando necessário, um Item de Ação (IA) para a contratada durante a revisão de projeto. A contratada deve cumprir todos os Itens de Ação e apresentar uma descrição detalhada da implementação e dos resultados do seu cumprimento.

Na Revisão Preliminar do Projeto é estabelecida uma *baseline* de desenvolvimento, com base nas especificações técnicas aprovadas. Esta *baseline* estabelece as características do produto em termos dos requisitos técnicos e das restrições de projeto, bem como as condições para sua verificação.

Ao término da Fase B do projeto devem ser finalizadas as seguintes atividades e elaborados os seguintes documentos: a) finalizar o plano de gestão, de desenvolvimento do projeto e da garantia de produto, b) estabelecer o cronograma mestre, os requisitos de sistema e requisitos de verificação, c) estabelecer uma definição do projeto preliminar para o conceito do sistema selecionado, d) estabelecer uma linha de base com solução do projeto e conceitos de operação, e) estabelecer uma estrutura de divisão do trabalho e árvore do produto, f) iniciar a implantação do gerenciamento de configuração, g) revisar especificação de requisitos técnicos, e h) definir o projeto preliminar (ALBUQUERQUE, 2012).

B.1.2 Fase C – Fabricação do Modelo de Engenharia e Revisão Crítica do Projeto

Após a aprovação do projeto preliminar, apresentado pela contratada, inicia-se a Fase Crítica do Projeto (Fase C). O objetivo da Fase C é desenvolver o projeto detalhado do produto e demonstrar que o mesmo atende as especificações definidas durante as fases anteriores. A fabricação do Modelo de Engenharia, realizada pela contratada, compreende todas as etapas que levaram ao projeto detalhado, incluindo as recomendações sugeridas durante a Revisão Preliminar do Projeto.

Durante a fabricação do Modelo de Engenharia, o SGP realiza as atividades de auditoria da qualidade, análise de confiabilidade e aprovação para o uso de partes, materiais e processos não qualificados para uso espacial. Embora o modelo de engenharia não necessite de qualificação para partes, materiais e processos, os mesmos já deverão estar qualificados para a fabricação do Modelo de Qualificação. Após a fabricação do Modelo de Engenharia, inicia-se a Revisão Crítica do Projeto, que encerra a FASE C, e tem a finalidade principal de verificar a conformidade do projeto e a disponibilidade de partes, materiais e processos para a fabricação do modelo de qualificação.

Na Revisão Crítica do Projeto, é definida a *baseline* de configuração do projeto, que é constituída pelos itens configurados ao final da fase detalhada do projeto. Nesta fase, é gerada a *Configuration Item Data List* – como projetado (CIDL – “*as designed*”), que apresenta o status corrente de projeto de todos os itens do produto constantes da lista de itens configurados. A CIDL é tomada como referência para o controle de subsequentes avaliações de desempenho, mudanças de projeto e fabricação (ALBUQUERQUE, 2012).

Ao término da FASE C devem ser finalizadas as seguintes atividades e elaborados os seguintes documentos: a) conclusão do projeto detalhado, b) pré-qualificação de componentes críticos (produção, desenvolvimento e teste), c) desenvolvimento de ensaios do modelo de engenharia, d) construção, montagem e testes do modelo de engenharia, e) definição detalhada das interfaces internas e externas, f) emissão preliminar de manual do usuário, e g) atualização da avaliação dos riscos (ALBUQUERQUE, 2012).

A Figura B.2 apresenta o fluxo de atividades realizado durante a Fase C do projeto, que é um segundo nível de detalhamento da Figura 3.2. Este fluxo contempla as principais atividades para a fabricação do Modelo de Engenharia e a Revisão Crítica do Projeto.

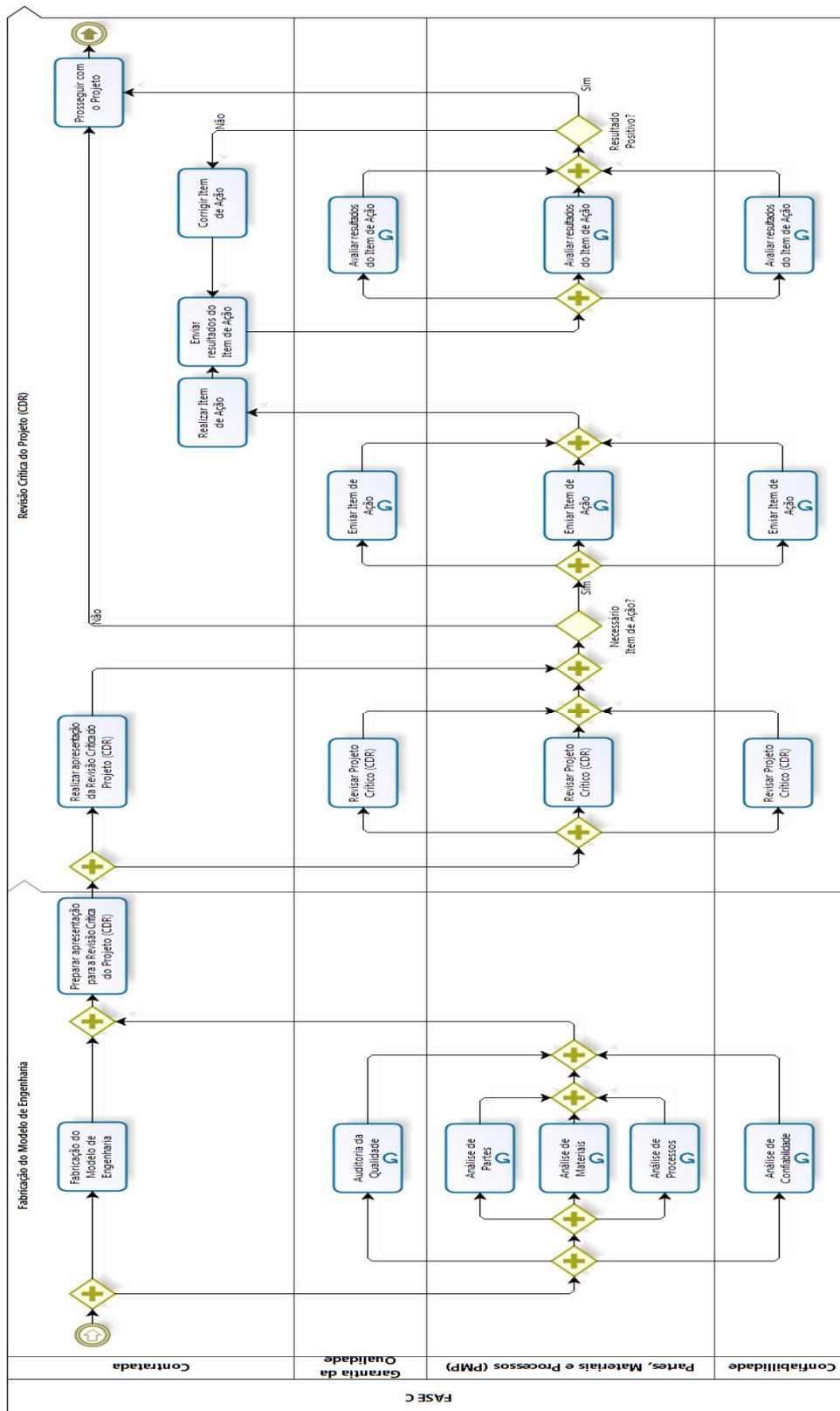


Figura B.2 – Fabricação do Modelo de Engenharia e Revisão Crítica do Projeto

O fluxo de atividades da Revisão Crítica é idêntico ao fluxo da Revisão Preliminar do Projeto (apresentado na Figura B.1) e das demais revisões (Revisão de Qualificação e Revisão de Aceitação). A seguir, os principais processos realizados pelo SGP, durante a fabricação do Modelo de Engenharia, serão apresentados em um segundo nível hierárquico de especificação.

B.1.2.1 Processo da Garantia da Qualidade

O subgrupo do SGP, responsável por realizar a auditoria da qualidade durante a fabricação do Modelo de Engenharia, é a Garantia da Qualidade. A Figura B.3 ilustra o fluxo de atividades realizado durante este processo.

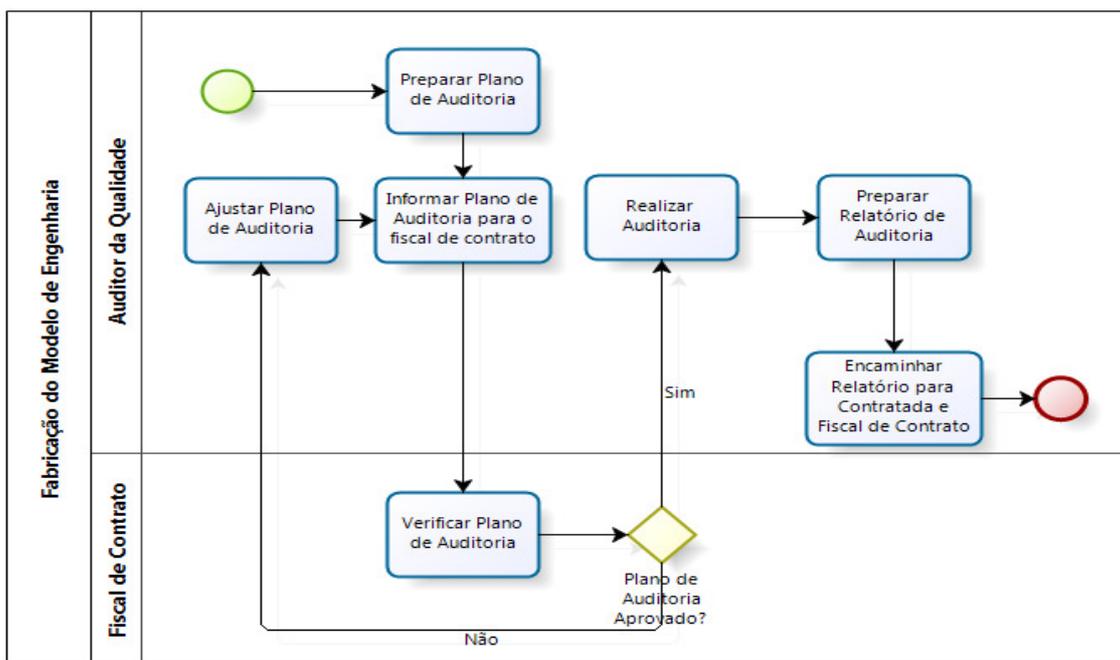


Figura B.3 – Processo de auditoria da qualidade
Fonte: Adaptado de Paiva (2011)

O processo de auditoria da qualidade inicia-se com a preparação do plano de auditoria. Este plano deve ser enviado ao fiscal de contrato para verificação. Com o consentimento do fiscal de contrato é realizado a auditoria. Após a

execução desta atividade é gerado um relatório contendo todas as informações referentes ao produto auditado. Este relatório é encaminhado à contratada e ao fiscal de contrato para que sejam realizadas todas as ações corretivas sugeridas pelo auditor. Caso seja necessário é realizada uma nova visita à contratada para verificar se os itens discrepantes, citados no relatório, estão em conformidade.

B.1.2.2 Processos de PMP

O plano de qualificação para uso de Partes, Materiais e Processos, não qualificados para uso espacial, é desenvolvido pelas empresas contratada. O SGP tem a função de validar os processos apresentados por terceiros. A Figura B.4 ilustra o fluxo de atividades que ocorre durante o processo de aprovação de partes não qualificado para uso espacial.

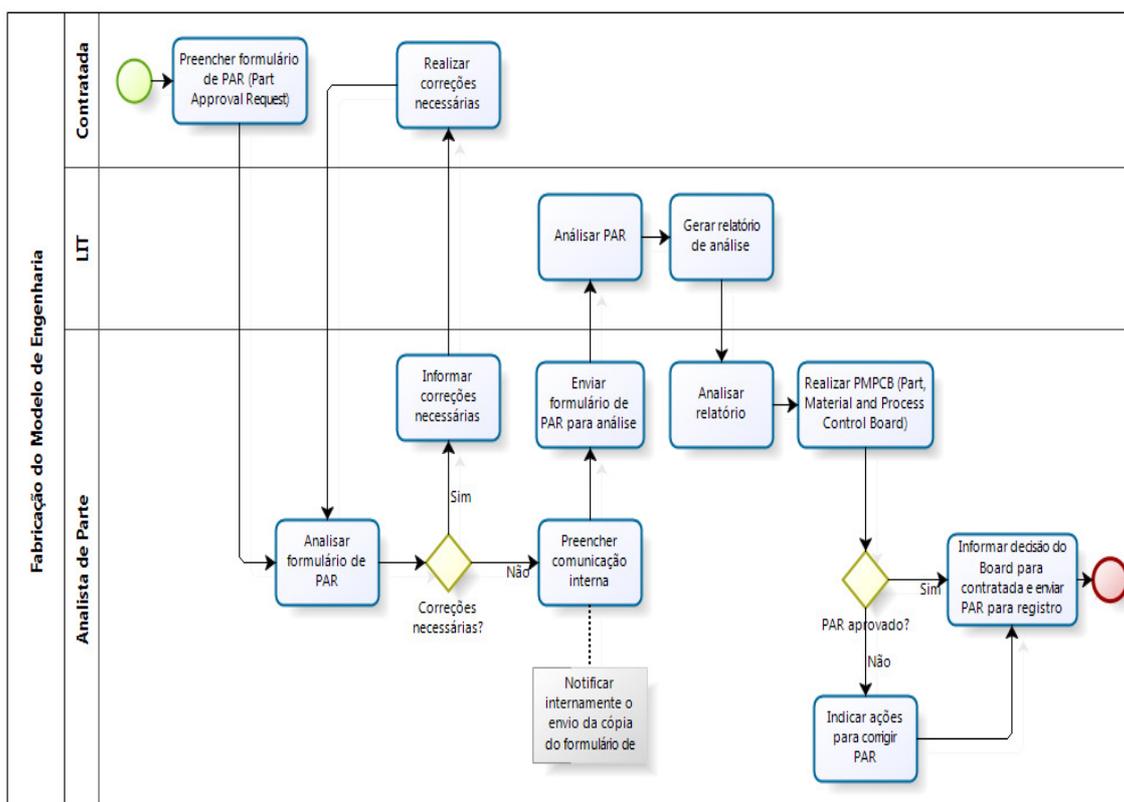


Figura B.4 – Processo de qualificação de Partes
 Fonte: Adaptado de Paiva (2011)

Este Processo inicia-se com o preenchimento do formulário de PAR (*Part Approval Request*) por parte da contratada. Com todos os dados disponíveis, o formulário é enviado ao SGP que realiza uma análise na descrição das informações do mesmo, com o intuito de garantir a coerência dos dados. Após a verificação do pedido de PAR, o analista de parte envia o formulário ao LIT para que seja gerado um relatório sobre o parte em questão. Este relatório é enviado ao SGP e analisado pelo analista de parte. Com o término da análise, é realizado uma reunião (PMPCB – *Part, Material and Process Control Board*) para julgar o pedido de PAR. Ao final da reunião, a decisão do comitê julgador, juntamente com o pedido de PAR, é informado à contratada e arquivado para manter o registro dos pedidos de mudança durante o projeto.

O processo de aprovação de materiais não qualificados para uso espacial é semelhante ao processo de aprovação de partes (descrito na Figura B.4). Entretanto para este processo não é necessário a análise por parte do LIT. Assim como os pedidos de PAR, o *Board* que julga os pedidos de MAR (Material Approval Request) é o PMPCB. A Figura B.5 apresenta o fluxo de atividades que ocorre durante o processo de aprovação de MAR.

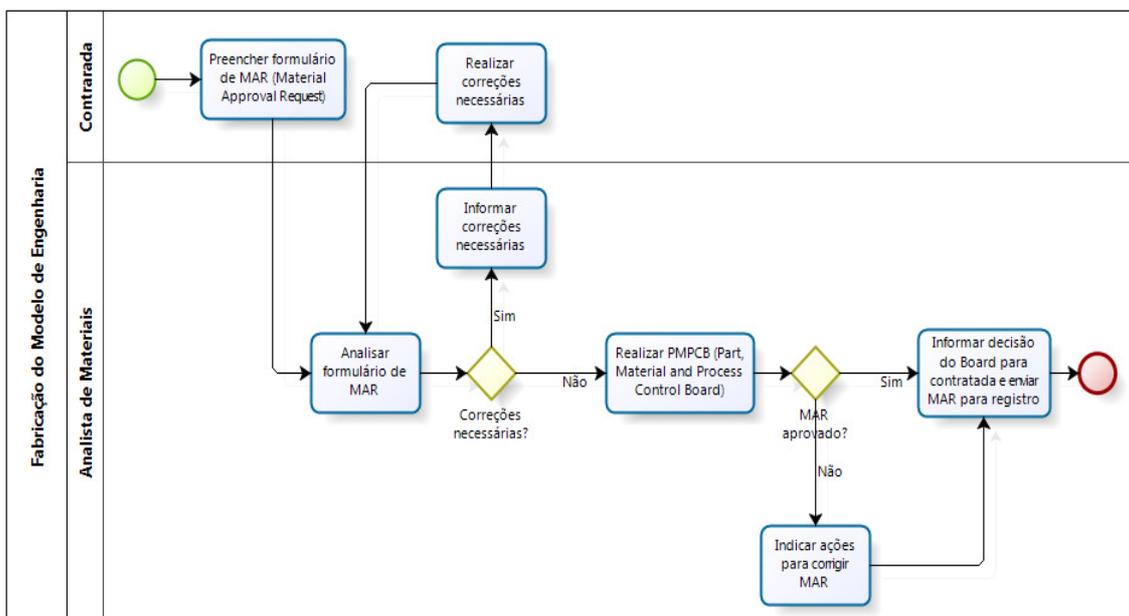


Figura B.5 – Processo de Qualificação de Materiais

Para o processo de aprovação de processos não qualificados para uso espacial não há um *Board* (PMPCB) para julgar os pedidos de qualificação. A contratada inicia o processo com a identificação dos processos que precisam ser qualificados e então é enviado, ao analista de processos, um plano de qualificação deste processo. Após o recebimento do plano de qualificação, o analista de processos avalia o documento e descreve as correções necessárias para a sua aceitação. Com as recomendações sugeridas pelo analista de processos incorporada ao plano de qualificação, é realizada a implementação do processo e em seguida gerado um relatório com os resultados. Este relatório é enviado ao analista de processo para uma nova análise. Caso seja necessário, é enviada as correções necessárias do documento para à contratada. Com a aprovação do relatório, é emitido o certificado de qualificação do processo. A Figura B.6 apresenta o fluxo de atividades para o processo de qualificação de processos.

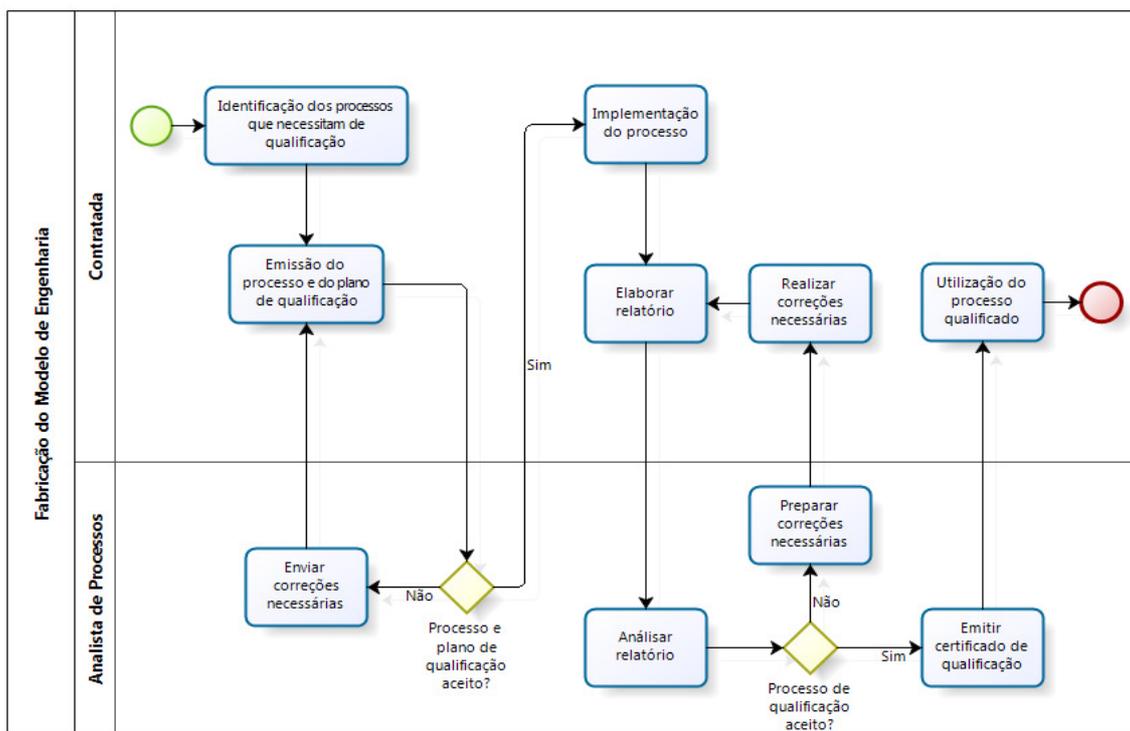


Figura B.6 – Processo de Qualificação de Processos

B.1.2.3 Processo de Confiabilidade

Todo o desenvolvimento da confiabilidade do produto não é realizado pelo SGP, nem mesmo pelo INPE. As empresas contratadas tem a função de desenvolver todo o estudo e o modelo matemático para a determinação da confiabilidade. Porém cabe ao INPE, especificamente ao SGP, analisar toda documentação gerada pela contratada para a utilização durante o projeto. A Figura B.7 ilustra o fluxo de atividades que ocorre durante o processo de análise de Confiabilidade.

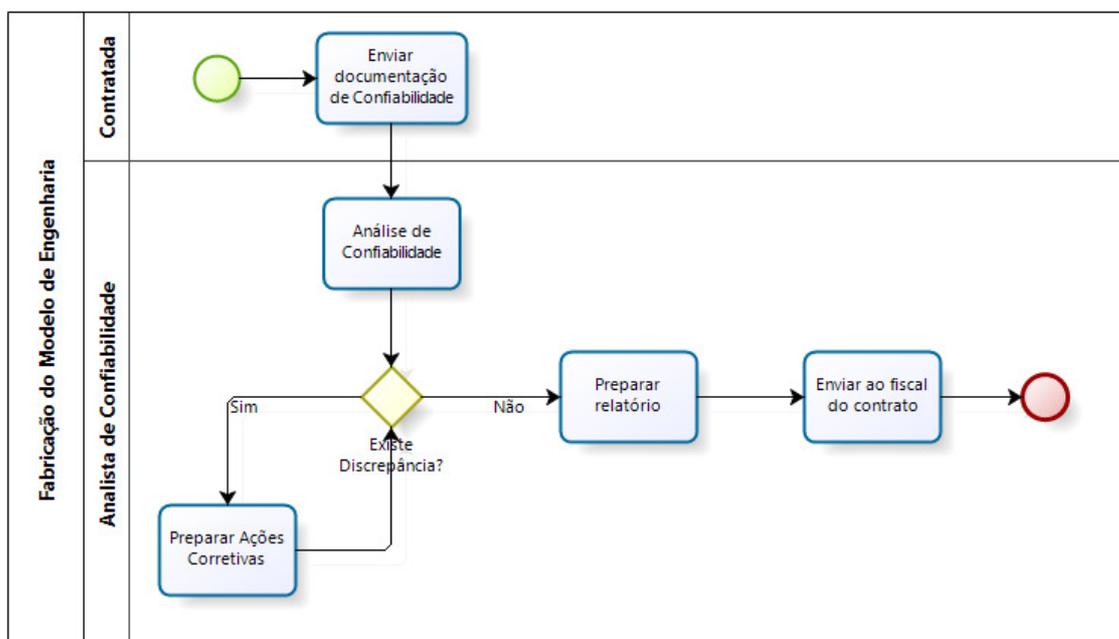


Figura B.7 – Processo de análise de Confiabilidade

O processo de análise confiabilidade inicia-se com o envio da documentação por parte da contratada. Neste pacote de documentação pode conter documentos referentes ao calculo de confiabilidade, análise de falhas (FMEA/FMECA) ou análise de *Derating*. Após o recebimento é realizado a análise técnica no documento. Todas as discrepâncias encontradas durante este processo são registradas em um relatório, que apresenta também as ações corretivas necessárias para cada situação. Este relatório é entregue ao

fiscal de contrato, que por sua vez encaminha para contratada para que sejam aplicadas as recomendações sugeridas.

B.1.3 Fase D – Fabricação do Modelo de Qualificação, Revisão de Qualificação do Projeto, Fabricação do Modelo de Voo e Revisão de Aceitação do Projeto

Nesta fase é realizada a qualificação (onde é demonstrado que o projeto atende as especificações que foram definidas, especialmente aos requisitos ambientais) e aceitação do projeto. As principais atividades desenvolvidas nesta fase são: a) fabricação, montagem e testes do modelo de qualificação, b) testes de qualificação e atividades de verificação do modelo de qualificação, c) fabricação, montagem e testes do modelo de voo, d) testes de aceitação e atividades de verificação do modelo voo, e e) aceitação do pacote de dados relativos às revisões de qualificação e de aceitação (ALBUQUERQUE, 2012).

B.1.3.1 Fabricação do Modelo de Qualificação e Revisão de Qualificação

O Modelo de Qualificação deve demonstrar que o projeto proposto atende com margem suficiente todas as especificações previstas para a missão e que seus procedimentos e processos permitem a sua repetibilidade. Para validação do Modelo de Qualificação, diferente do modelo de engenharia, utiliza-se mão de obra certificada em montagem aeroespacial, controle de temperatura, umidade e contaminação. Todos os partes, materiais e processos já devem estar definidos e as atividades de Confiabilidade devem ser utilizadas como ferramenta de diagnóstico e eliminação de falhas potenciais. Para garantir que nenhuma discrepância passe despercebido são realizadas inspeções (MIP) ao longo da produção. As Figuras B.8 e B.9 apresentam o fluxo de atividades (no nível de equipamento) que ocorre durante a fabricação do Modelo de Qualificação.

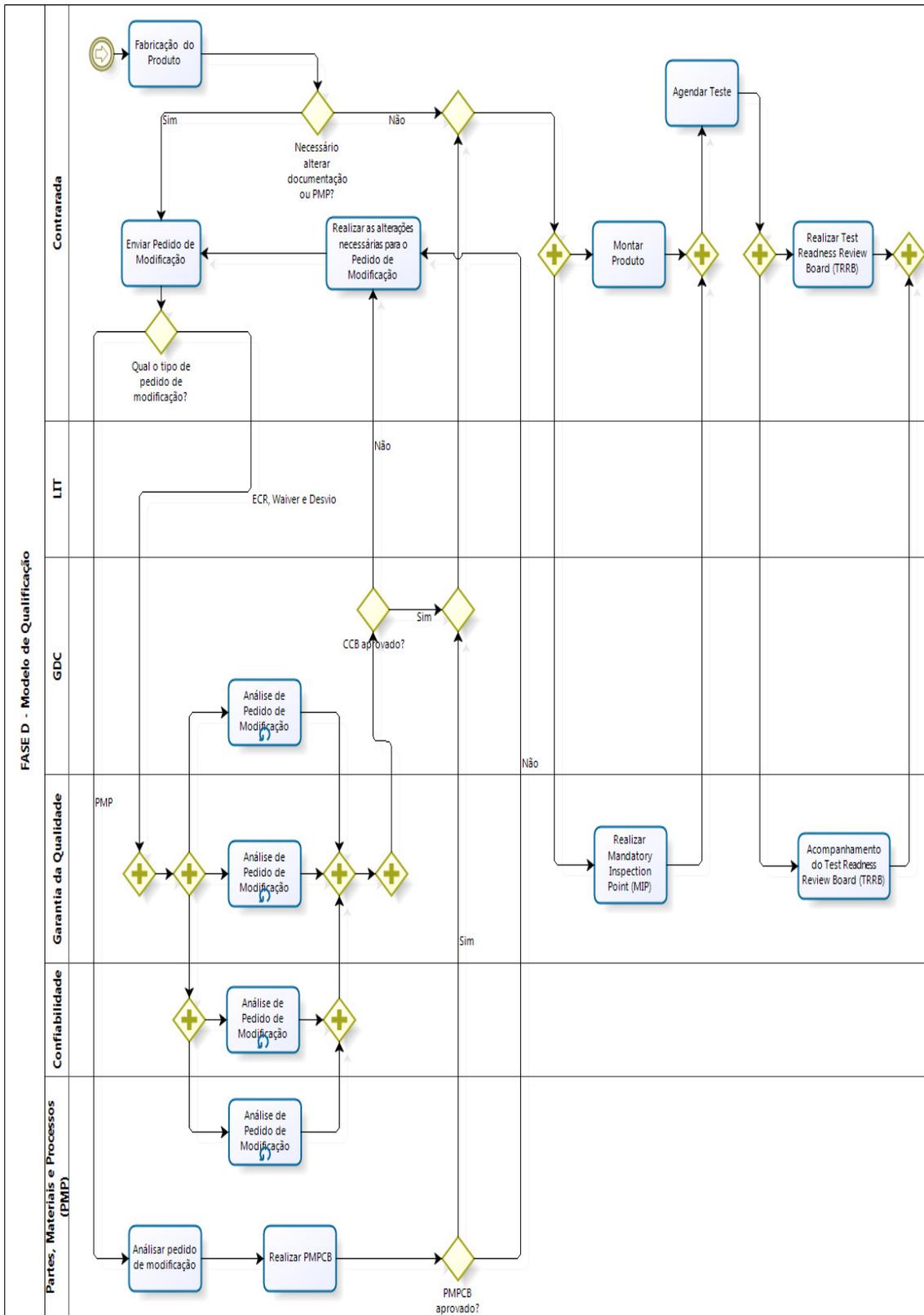


Figura B.8 – Fabricação do Modelo de Qualificação

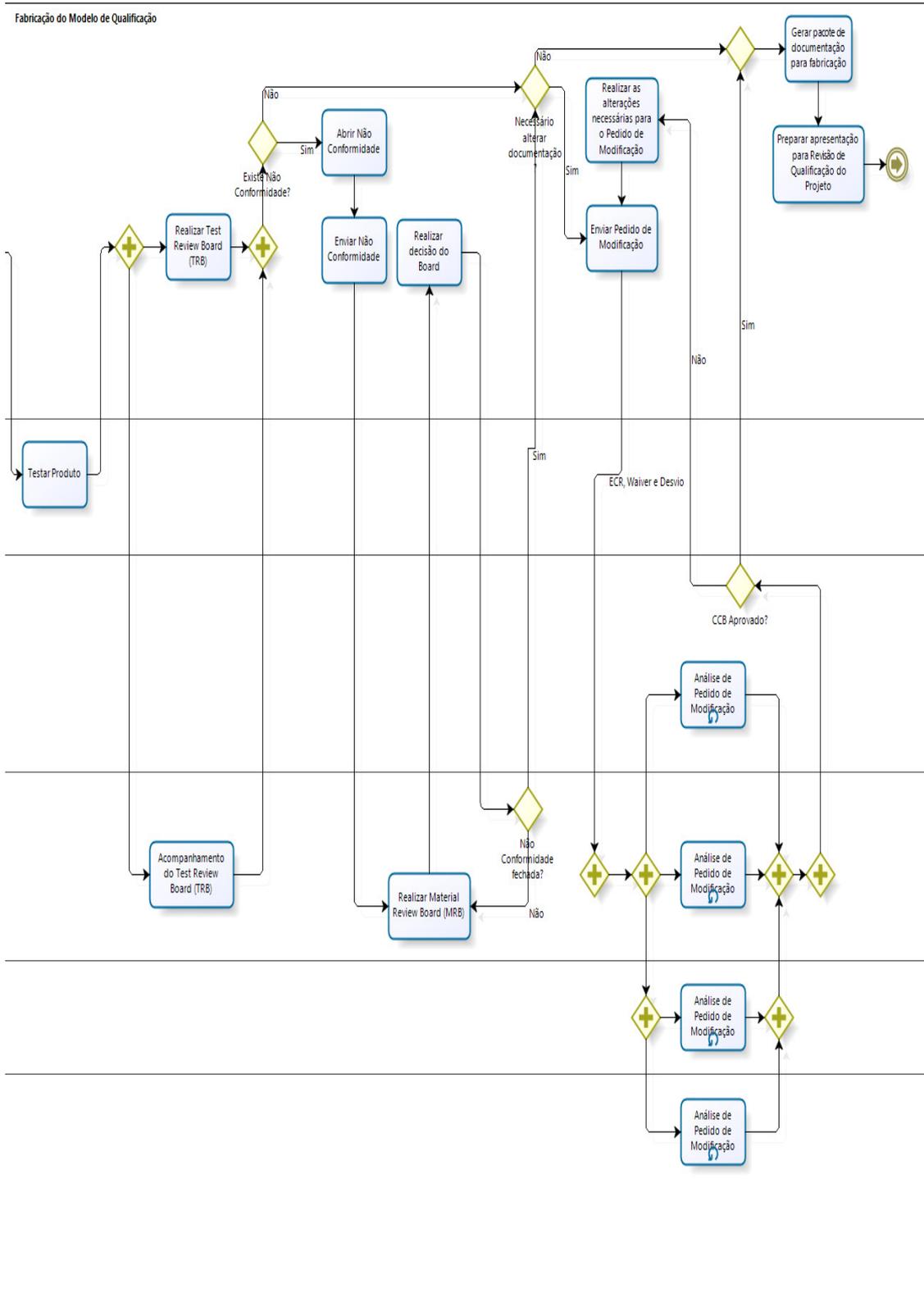


Figura B.9 – Fabricação do Modelo de Qualificação (Continuação)

O Processo de fabricação do Modelo de Qualificação inicia-se após a aprovação da CDR. Nesta fase do projeto, todas as mudanças que ocorrem no produto e em sua documentação devem ser aprovadas formalmente através de um comitê julgador. Para este fim, a contratada deve enviar um pedido de modificação formal ao SGP, que por sua vez analisa e julga se o pedido de modificação deve ser concedido ou não.

Conforme mencionado anteriormente, o comitê responsável por julgar partes, materiais e processos não qualificados para uso espacial é o PMPCB. Todos os componentes, materiais e processos devem ser qualificados durante a Fase C do projeto. Entretanto podem ocorrer algumas situações em que se faz necessário a realização deste *Board* para o Modelo de Qualificação, como por exemplo, o fato de não ser possível comprar um componente qualificado para uso espacial e ter de substituir por um componente comercial, sendo obrigatório a realização de um PMPCB.

A GDC (Gestão de Documentação e Configuração) é responsável pelo registro dos pedidos de modificações e pela realização do CCB (*Configuration Control Board*) que irá julgar estes pedidos durante todo o projeto, porém em todos os *Boards* deve haver um representante do SGP. Os pedidos de modificação julgados pelo CCB são ECRs (*Engineering Change Request*), *Waivers* e Desvios. As ECRs são as mudanças no projeto que ocorrem ao longo da produção, essas mudanças não alteram a especificação do produto. O pedido de Desvio é uma autorização para o não cumprimento de um requisito especificado para um produto antes da sua fabricação (ECSS(c), 1997). O pedido de *Waiver* é uma autorização para utilizar ou liberar o produto que não está em conformidade com os requisitos especificados (ECSS(d), 2008). Segundo a norma ECSS(e) (2008), todos os pedidos de *Waiver* e Desvio devem estar associados a um relatório de não conformidade (NCR – *Nonconformance Report*).

Após a fabricação, a contratada deve informar ao SGP, com antecedência mínima de 10 dias úteis, sobre a montagem do produto para que seja realizado a MIP e enviar a relação de partes a serem inspecionadas. A Figura B.10 apresenta as atividades que ocorrem durante o processo de MIP.

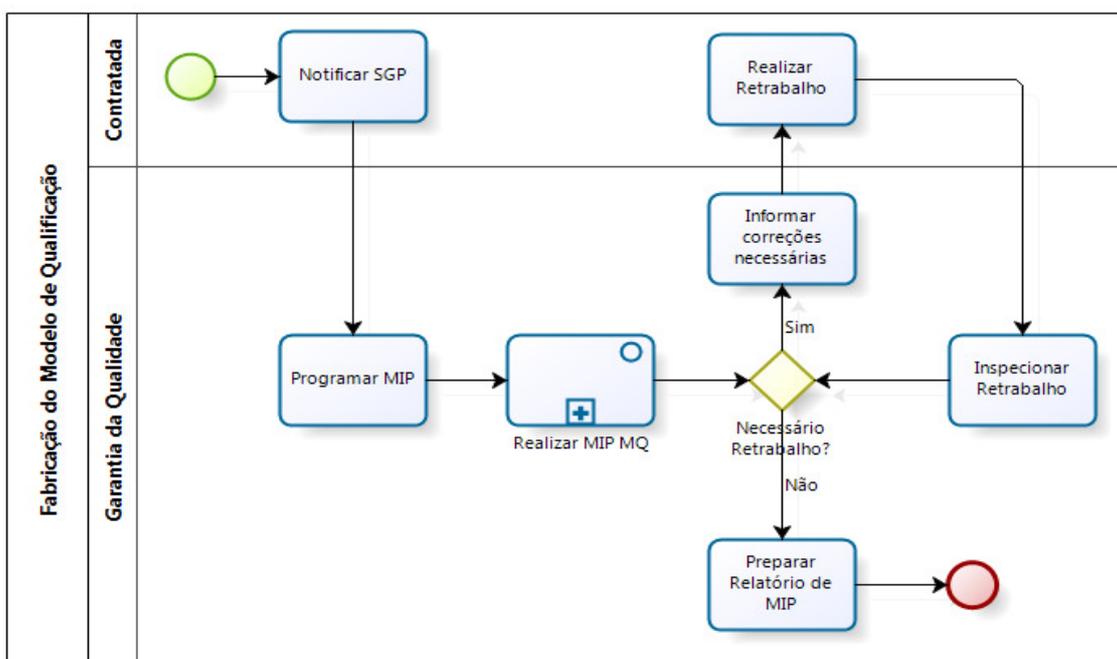


Figura B.10 – Processo de MIP
Fonte: Adaptado de Paiva (2011)

A contratada informa ao SGP a necessidade da realização da MIP. O departamento de Garantia da Qualidade irá programar a inspeção e em seguida será realizada todas as atividades de verificação da MIP. Caso seja necessário um retrabalho, o SGP informa a contratada sobre as ações necessárias. Após as correções realizadas pela contratada é realizada uma nova inspeção até o produto estar em conformidade. Para finalizar a MIP é preparado um relatório descrevendo o produto inspecionado. A Figura B.11 apresenta as atividades de verificação realizadas durante a MIP.

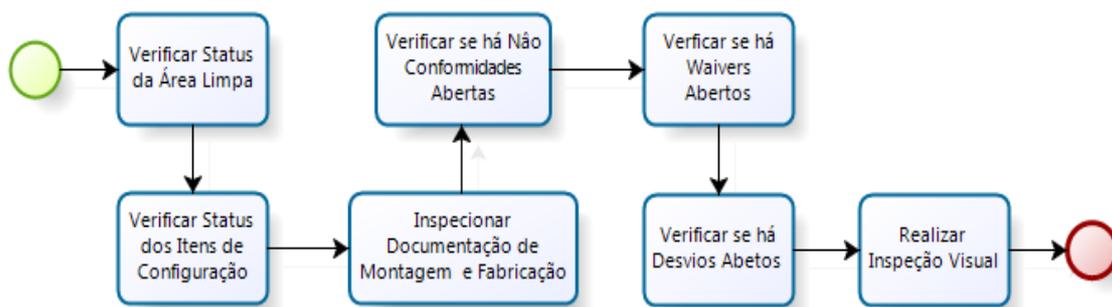


Figura B.11 – Atividades de verificação realizadas durante a MIP
 Fonte: Adaptado de Paiva (2011)

Ao término da montagem, a contratada deve agendar os testes do produto. Antecedendo o teste é realizado o TRRB (*Test Readiness Review Board*) onde é verificada toda a calibração dos equipamentos de teste e as especificações do equipamento a ser testado. Para o Modelo de Qualificação, são executados testes rigorosos, equivalente à operação real, com a finalidade de proporcionar uma margem de segurança para a missão. Ao término do teste é marcado o TRB (*Test Review Board*), onde são verificados os respectivos resultados e o impacto no equipamento. Caso ocorra uma não conformidade, a contratada deve enviar ao SGP um relatório formal sobre o assunto através de uma NCR.

O comitê que deve julgar as NCRs que ocorrem ao longo do projeto é o MRB. Este comitê é composto por um representante do SGP, pelo fiscal do contrato, por um representante da gerência do programa e por outras opiniões técnicas específicas em cada caso (arquitetos mecânicos, elétricos, térmicos, entre outros).

Com o término dos testes, a contratada deve preparar o pacote de documentação referente ao Modelo de Qualificação para a revisão de projeto. Se existir a necessidade da alteração de qualquer documento, um pedido de modificação deve ser enviado ao SGP.

O fluxo de atividades para a Revisão de Qualificação assemelha-se as demais revisões de projetos (Figura B.1). Neste evento é o momento em que se

aprovam todas as características físicas e funcionais do produto necessárias para a produção, aceitação, operação, suporte e descarte. Com a aprovação dos resultados apresentados pela contratada, durante a Revisão de Qualificação do projeto, inicia-se a fabricação do Modelo de Voo.

B.1.3.2 Fabricação do Modelo de Voo e Revisão de Aceitação

Antes de iniciar a fabricação Modelo de Voo é realizado, pelo SGP, o MRR (*Manufacturing Readiness Review*). Este evento autoriza a contratada a iniciar a fabricação do primeiro Modelo de Voo. Esta atividade pode ser realizada também antes da fabricação do Modelo de Qualificação, caso seja julgado necessário, em função de fragilidades (riscos) detectadas ao longo do projeto.

O Modelo de Voo deve seguir rigorosamente os procedimentos e processos utilizados durante a fabricação do Modelo de Qualificação, com mão de obra previamente treinada. O fluxo de atividades necessárias para a fabricação do Modelo de Voo é semelhante ao Modelo de Qualificação (Figura B.8 e B.9), com exceção da realização do MRR.

Diferentemente do Modelo de Qualificação, onde são realizados testes rigorosos, o Modelo de Voo é submetido a testes em nível de aceitação para que não aconteça qualquer sobrecarga no produto ou em seus componentes.

Ao término da fabricação do Modelo de Voo é realizado a Revisão de Aceitação do Projeto, que tem como objetivo avaliar a fabricação, montagem e testes do modelo de voo, disponibilizando-o para a entrega. Visa também demonstrar que a fabricação do Modelo de Voo foi executada corretamente, por mão de obra qualificada e utilizando processos qualificados.

Após a entrega do Modelo de Voo é realizada a montagem, integração e testes (AIT – *Assembly, Integration and Tests*) de todos os subsistemas do satélite. Esta atividade é de responsabilidade da CAST e o SGP deve apenas

acompanhar todo o processo de integração, sendo assim este processo não será modelado.

B.1.4 Fase E – Lançamento do satélite

Durante a FASE E do projeto ocorre o lançamento e a operação do satélite. Entretanto o SGP atua apenas durante o lançamento. Nesta etapa são verificados os requisitos de integração ao veículo lançador e centro de lançamento aplicável ao satélite. Assim como ocorre no AIT, a atividade de lançamento é de responsabilidade de CAST e o SGP realiza o acompanhamento deste processo.

