

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo compreende a explicitação dos procedimentos metodológicos, ferramentas utilizadas e experimento realizados para atender os objetivos deste trabalho. Sua estrutura abrange os seguintes tópicos, como mostrado na figura 40.



Figura 40- Procedimentos metodológicos

3.1. Delimitação

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de desenvolver uma abordagem metodológica estruturada de análise de processos de negócios, fundamentadas na técnica de verificação de conformidade desenvolvida por Rozinat e Aalst (2006) e na técnica de geração de *logs* para teste de algoritmos de mineração apresentada por Medeiros e Gunther (2005).

O método utilizado consiste na aplicação da técnica da conformidade, com o uso do *framework* de mineração de processos ProM, que é um conjunto de ferramentas abrangente que suporta uma extensa gama de técnicas de mineração de processos na forma de plug-ins.

Um deles, o *Conformance Checker* executa um arquivo de *log* de eventos dentro de um modelo de rede Petri, enquanto captura informações de diagnóstico que podem ser acessadas posteriormente.

Este *plug-in* calcula as seguintes métricas:

- a) *Fitness*, baseada em fichas (obtendo o número de instâncias de processos para cada trilha de *log* analisado);
- b) *Appropriateness* comportamental simples (aB) e avançada (a'B);
- c) *Appropriateness* estrutural simples (aS) e avançado (a'S).

Durante a repetição do *log* o *plug-in* analisa as tarefas invisíveis que podem habilitar a próxima transição a ser repetida, e esta também apta a tratar as tarefas duplicadas.

Para aplicação da técnica de criação de *logs* de eventos sintéticos foi empregado o aplicativo CPN Tools, que permite a criação, edição, simulação e análise de redes de Petri coloridas.

A utilização desta ferramenta foi motivada pela possibilidade de construção do modelo de processo de negócio em análise, ou importá-lo da ferramenta ProM, num ambiente de simulação e com a aplicação da técnica citada, obter logs de eventos sintéticos gerados pelo modelo simulado, que serão posteriormente analisados pelos especialistas (do processo e em mineração de processos) e comparados no ProM.

Esta pesquisa relaciona os temas associados à modelagem de processos de negócios e a técnica de conformidade, buscando na fundamentação teórica de cada um, oportunidade de validar as idéias abordadas.

Em termos metodológicos, a delimitação consiste nas seguintes etapas:

- a) Efetuar pesquisa e classificação de referencial teórico apropriado.
- b) Identificar no referencial teórico os conceitos e métricas aplicados nas técnicas de conformidade.
- c) Propor após análise do referencial teórico, com relação à mineração de processos pela técnica da conformidade, e com relação à criação de *log* de eventos sintéticos, um roteiro metodológico estruturado para análise e melhoria de processos de negócios.
- d) Criar um processo de negócio para análise e aplicação da metodologia apresentada.

e) Analisar e propor modificações no modelo de processo e na estrutura do *log* de eventos, utilizando o ambiente de mineração de processos – *framework* ProM, e de simulação – *framework* CPN Tools.

f) Elaborar conclusões a respeito da aplicação realizada.

A figura 41 mostra num grau de abstração elevado, o ciclo de vida da abordagem metodológica apresentada nesta pesquisa, demonstra como um processo real de negócio, minerado a partir de seu log de eventos, pode ser conformado com o processo formal, resultando em análises que buscarão auxiliar na resposta a questão principal deste trabalho:

“É possível melhorar a conformidade entre os processos de negócios formalizados e os processos efetivamente realizados?”

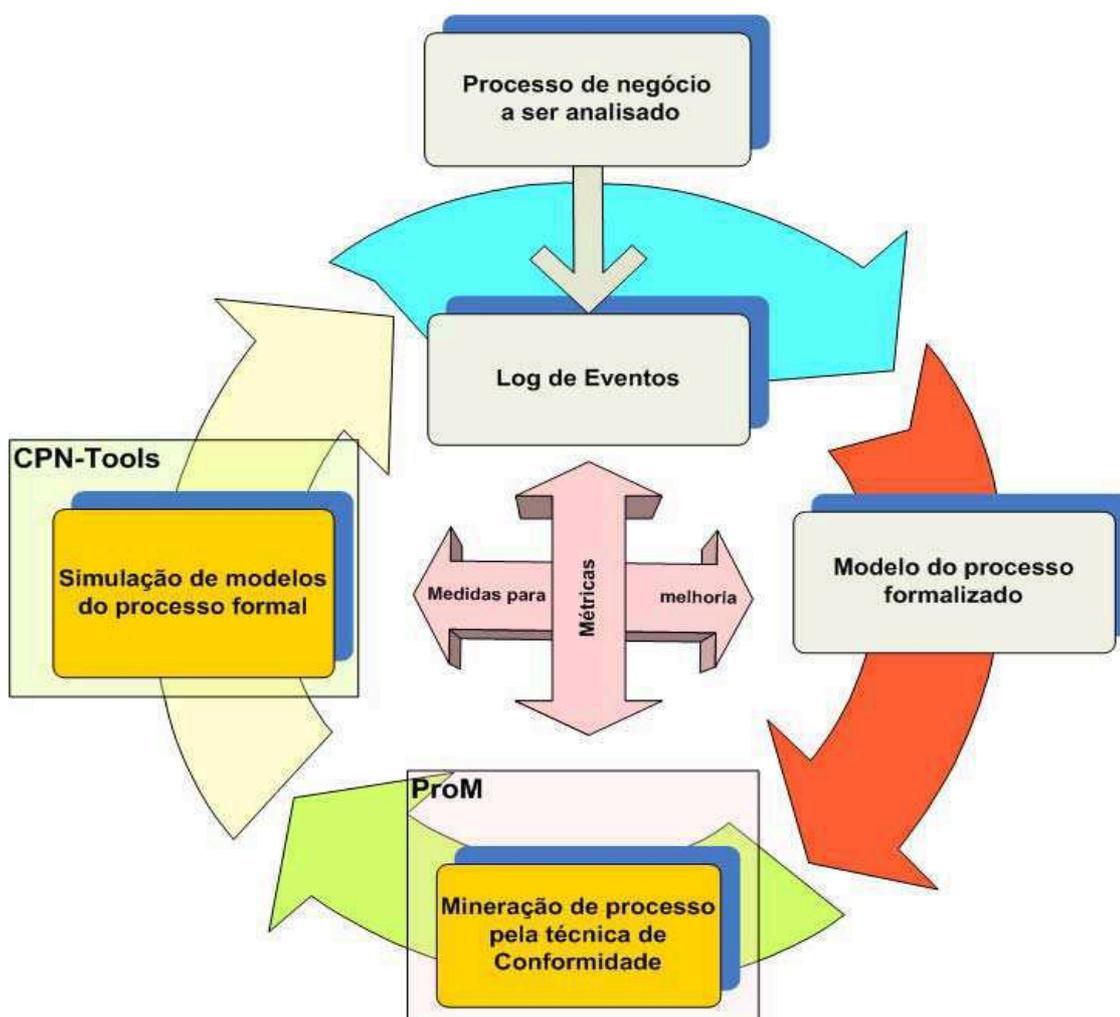


Figura 41 - Ciclo de vida da abordagem metodológica estruturada proposta

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Várias abordagens foram feitas ao longo deste trabalho, concentrando-se na revisão bibliográfica sobre a técnica da conformidade, uso das ferramentas ProM e CPN Tools, especificidades técnicas e descrição quanto operacionalização dos aplicativos e principalmente no descritivo do roteiro objeto da pesquisa.

Várias fontes foram consultadas para o levantamento de dados, em especial, as referências sugeridas numa das principais fontes de informação sobre mineração de processos, o site www.processmining.org.

A seguir serão apresentadas as ferramentas utilizadas, detalhando suas características, funcionalidades e forma de utilização no contexto desta pesquisa.

3.2. Ferramenta ProM

Segundo Medeiros e Weijters (2008), quando se trata de processos de negócios, as funcionalidades das ferramentas comerciais limitam-se em analisar e medir indicadores de desempenho tais como fluxo de tempo, taxa de falhas e frequências.

Visando suprir essas deficiências, para a aplicação das técnicas de mineração de processos, diversas ferramentas foram desenvolvidas na *Eindhoven University of Technology* durante os últimos cinco anos, tais como *Emit - Enhanced Mining Tool*, *Little Thumb*, *MisoN - Mining Social Network* e *MiMo – Mining Model*, cada uma delas se referindo a um determinada técnica e perspectiva de análise por mineração de processos.

Esses aplicativos e suas funcionalidades foram agrupados em uma única ferramenta denominada ProM, plataforma *open-source* desenvolvida em linguagem Java e conta com mais de 250 *plug-ins* que possibilitam a importação de diversas linguagem de modelagem de processos, tais como PNML, TPN, Aris, EPML e outras.

Para a mineração de processos existem *plug-ins* que suportam as técnicas de mineração de *control-flow* (com algoritmos *Alpha*, *Genéticos*, *Multi-phase*, etc); perspectiva organizacional (com algoritmos *Social Network*, *Staff Assignment*, etc);

perspectiva dos dados (com o algoritmo *Decision*) e para processos flexíveis e menos estruturados (com o algoritmo Fuzzy).

O *framework* ProM é uma ferramenta gratuita disponível em <<http://www.prom.sourceforge.net>> e para sua utilização dentro da técnica de mineração de processos por conformidade demonstrada, é necessário que se tenha o processo real modelado em formato de rede de Petri – PNML e um arquivo de *log* de eventos gerado pelo sistema transacional em formato XML.

A figura 42 mostra uma visão geral da ferramenta, e demonstra as relações entre o arquivo de *log*, os *plug-ins* e o usuário. O ProM possibilita a leitura dos arquivos de *log* através do componente Filtro de *log*.

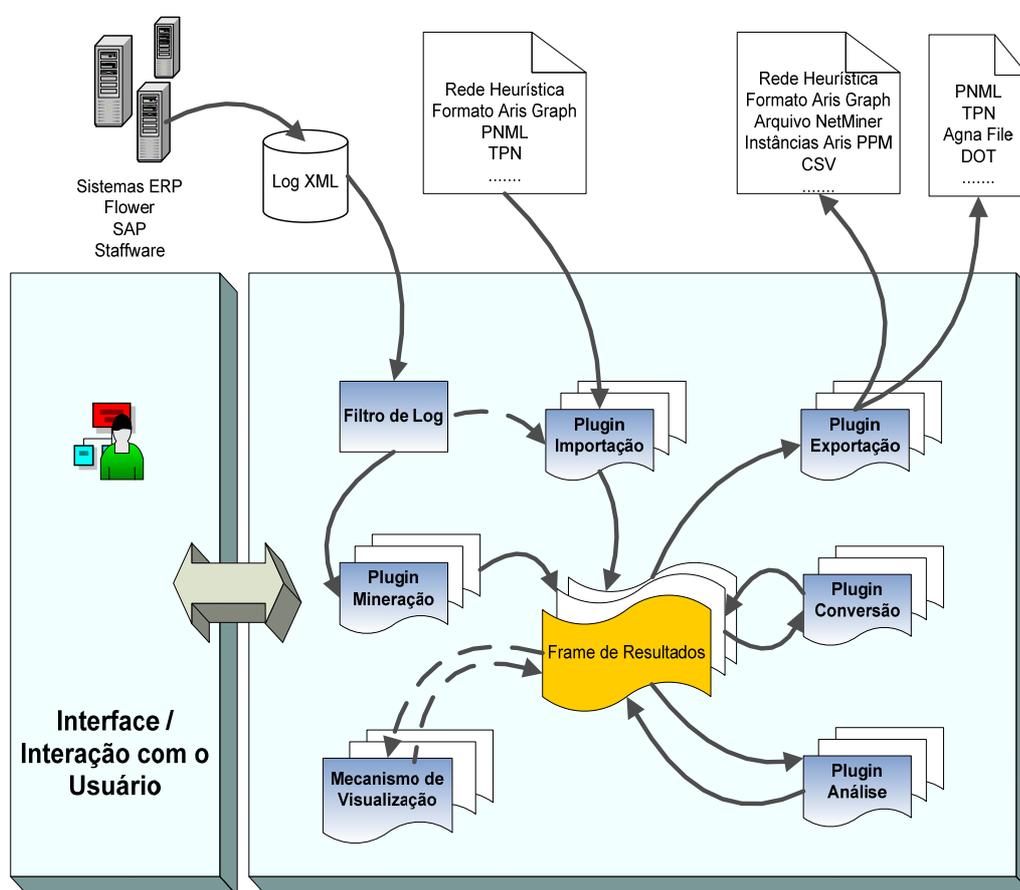


Figura 42 - Visão Geral da ferramenta ProM

Fonte: Adaptado de Dongen et al (2005b).

Através do componente de Importação e Exportação, é possível importar e exportar diversos formatos de modelos de processos. Um dos formatos que será utilizado no contexto desta pesquisa é o CPNTools 2.0 Export *plug-in*, que permite a

exportação de um modelo de processo em Petri para o *framework* CPN Tools, em procedimento já detalhado por Rozinat *et al* (2007).

O *plug-in* Mineração realiza a mineração de processos e armazena os resultados que são visualizados na tela na forma de rede de Petri, EPC ou rede Social. O *plug-in* Análise, a partir dos resultados da mineração, efetua análises relativas à rede de Petri. Por fim, o *plug-in* Conversão permite o intercâmbio dos resultados da mineração entre os diversos sistemas de modelagem de processos.

A etapa que precede o carregamento dos arquivos no ProM é a de inspeção e limpeza no arquivo de *log*. Este procedimento se justifica na medida em que certas questões só poderão ser respondidas se os dados estiverem no *log*. Por exemplo, não será possível determinar o tempo de atravessamento dos cases se o *log* não conter informações de tempo. Além disso, é recomendável remover toda e qualquer informação desnecessária do *log* antes de iniciar a mineração.

A conformidade pode ser verificada, conforme demonstrado por Rosinat e Aalst (2006b), através do *plug-in Conformance Checker* e assim responder a questão: Qual é a compatibilidade dos cases (instâncias de processos) com os modelos de processos?

A análise fornecida pelo *framework* ProM fornece informações detalhadas sobre os problemas encontrados durante a repetição do *log*. Na perspectiva do modelo, é possível saber o número de *tokens* perdidos, tarefas que não foram habilitadas, tarefas que ficaram habilitadas, quais e com que freqüência as tarefas e arcos foram utilizados. Na perspectiva do *log*, são indicados os pontos de comportamento de não conformidade para cada case do *log*.

3.3. Ferramenta CPN TOOLS

O CPN Tools é uma ferramenta de edição, simulação e análise de redes de Petri coloridas, desenvolvida como um projeto de pesquisa, o projeto CPN2000, na Universidade de Aarhus, Dinamarca. É um aplicativo gratuito, disponível através de licença em <http://wiki.daimi.au.dk/cpntools/_home.wiki>.

Segundo Ratzler *et al* (2003), o CPN Tools aproveita os avanços mais recentes obtidos no desenvolvimento da interação homem-máquina, para incorporar

funcionalidades poderosas e uma interface bastante flexível com o usuário, com diferentes tipos de *feedback* visuais que mantêm o usuário informado do estado, erros do sistema modelado, verifica a sintaxe de comandos e variáveis utilizadas, simulação, etc.

A figura 43 mostra uma visão geral da área de trabalho do CPN Tools.

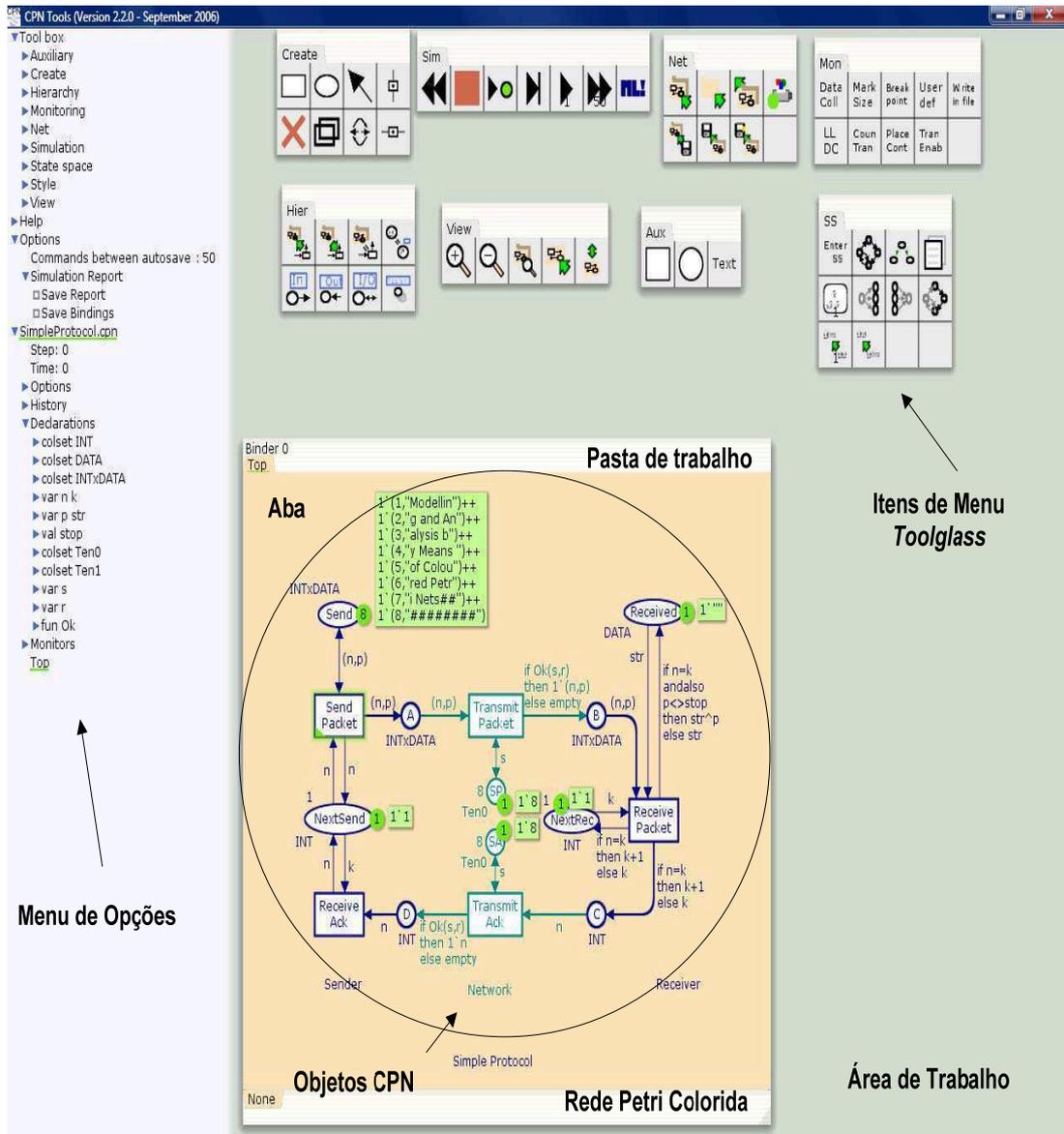


Figura 43 - Visão geral da área de trabalho

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

A interface do CPN Tools possui uma coluna na esquerda chamada de índice ou menu de opções, similar a árvore de arquivos do Windows Explorer. As opções desse menu podem ser arrastadas para a área de trabalho e ficam flutuantes (*toolglass*), como indicado na figura 43. A interface contém ainda uma pasta de

trabalho chamada *Binder*, que pode agregar ainda diversas abas, cada uma representando uma rede de Petri colorida ou parte dela.

A criação de redes de Petri coloridas é fácil, rápida e bastante flexível, uma vez que oferece mais de uma maneira de se realizar uma tarefa, graças às funcionalidades da interface. Enquanto uma rede é criada, além de gerar o código de simulação, o CPN Tools auxilia o usuário de diferentes maneiras, fornecendo *feedback* visual a respeito da sintaxe da rede e do estado da ferramenta, ou alinhando automaticamente os objetos em algumas situações.

A inserção dessa ferramenta no contexto desta pesquisa é decorrente da capacidade de interface com o ProM e de suas potencialidades como aplicativo de simulação, permitindo a criação de um círculo virtuoso em termos de melhorias e aprimoramentos dos processos de negócio, como mostrado na figura 41.

Além disso, com o modelo de processo minerado inserido no ambiente de simulação, é possível realizar modificações tanto no processo de negócio como na estrutura do *log* de eventos, que pode ser novamente minerado a partir de *logs* gerados artificialmente no CPN Tools.

Essa sistemática quando adotada no âmbito das três perspectivas da mineração: controle de fluxo, organizacional e instâncias do processo; permite ao especialista detectar discrepâncias, encontrar possíveis gargalos, sugerir e testar suas modificações, sem quem sejam gastos recursos (humanos, financeiros e materiais) para promover alterações no processo real ou em alterações no sistema de gestão empresarial.

3.4. Geração de *logs* artificiais

A técnica de criação de *log* artificiais é obtida a partir de implementações de funções e declarações em ML (linguagem de modelagem do CPN Tools), na rede de Petri colorida, que representa o modelo a ser simulado. A idéia principal por trás desta técnica consiste em gerar *cases*, que irão circular na rede de acordo com as condições estabelecidas nos arcos que unem os lugares às transições.

A figura 44 ilustra o processo de criação de logs de eventos.

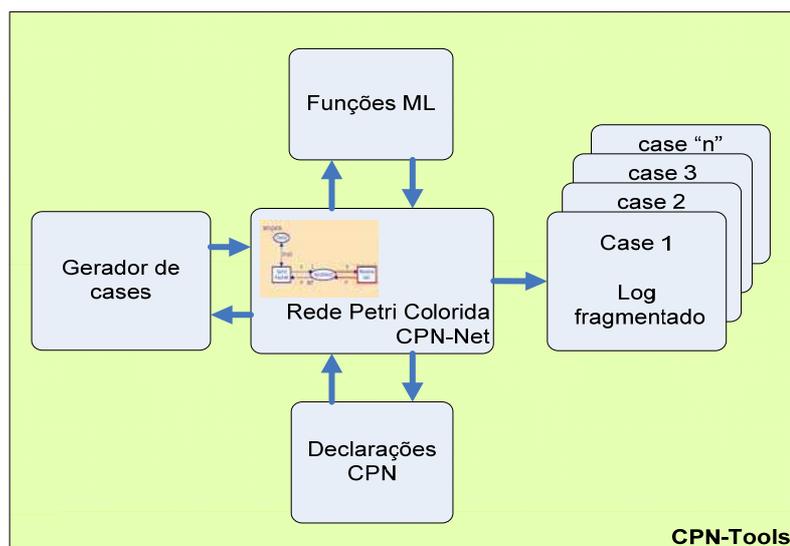


Figura 44 - Processo de criação de logs de eventos artificiais

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Para viabilizar a aplicação da técnica acima ilustrada, é necessário modificar o modelo de processo em rede de Petri colorida em análise, agregando os seguintes itens:

- a) Chamada para o arquivo *logging-FunctionsMultiplesFiles.sml*, com as funções ML para geração de *log*, desenvolvidas por Medeiros e Gunther (2005) e que pode ser obtido em www.processmining.org;
- b) Declarações que permitem declarar as cores das fichas ou *cases*, fazer inscrições, e importar as funções ML para o ambiente de simulação da rede de Petri;
- c) Modificar as inscrições de *input*, *output*, *action* das transições da rede, que irão chamar as funções de geração do *log*.

Para o propósito desta pesquisa, as declarações de uma rede de Petri colorida são divididas em:

- a) *Standard*: define uma ou mais cores, representadas por símbolos ou valores;
- b) *Net*: define os parâmetros que serão repassados para as funções de geração de *log*;
- c) *Log*: define as constantes que são utilizadas para informar o diretório onde o *log* será gravado, o nome do arquivo e sua extensão. Contém ainda a chamada para a função *logging-FunctionsMultiplesFiles.sml*.

Durante a execução da rede, os *cases* irão habilitar as transições, que contém instruções para registro em arquivos de *log*, de cada passagem do *case*. Esses arquivos precisam ser agregados no formato MXML (Mining XML) para que possam ser lidos pelas ferramentas de mineração de processos como o ProM.

Essa agregação é feita pelo *framework* ProMImport, que é um aplicativo *opensource* desenvolvido em Java, gratuito e disponível em <<http://sourceforge.net/projects/promimport/>> e que possibilita a conversão dos *log* de eventos, dos diferentes sistemas transacionais, para o padrão MXML, como mostrado na figura 45.

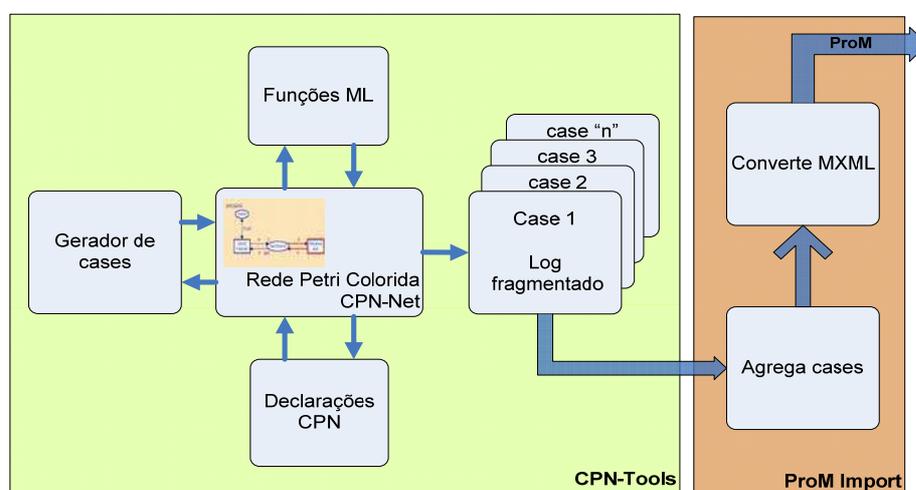


Figura 45 - Agregação de logs de eventos

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

3.5. Detalhamento da abordagem metodológica estruturada

A figura 46 mostra em detalhes o esquema proposto na figura 41, onde a partir do modelo de processo formal e do log de eventos gerados pelo sistema de informação, são feitas análises usando a ferramenta de mineração de processos ProM, e propostas modificações no modelo de processo, utilizando a ferramenta de simulação CPN Tools. A estrutura apresentada visa atender o previsto no subcapítulo 1.3.1 – Objetivo geral:

“Esta dissertação tem como objetivo geral propor uma abordagem metodológica estruturada de análise de processos de negócios, através do emprego da técnica de conformidade e do ambiente de simulação de redes de Petri colorida.”

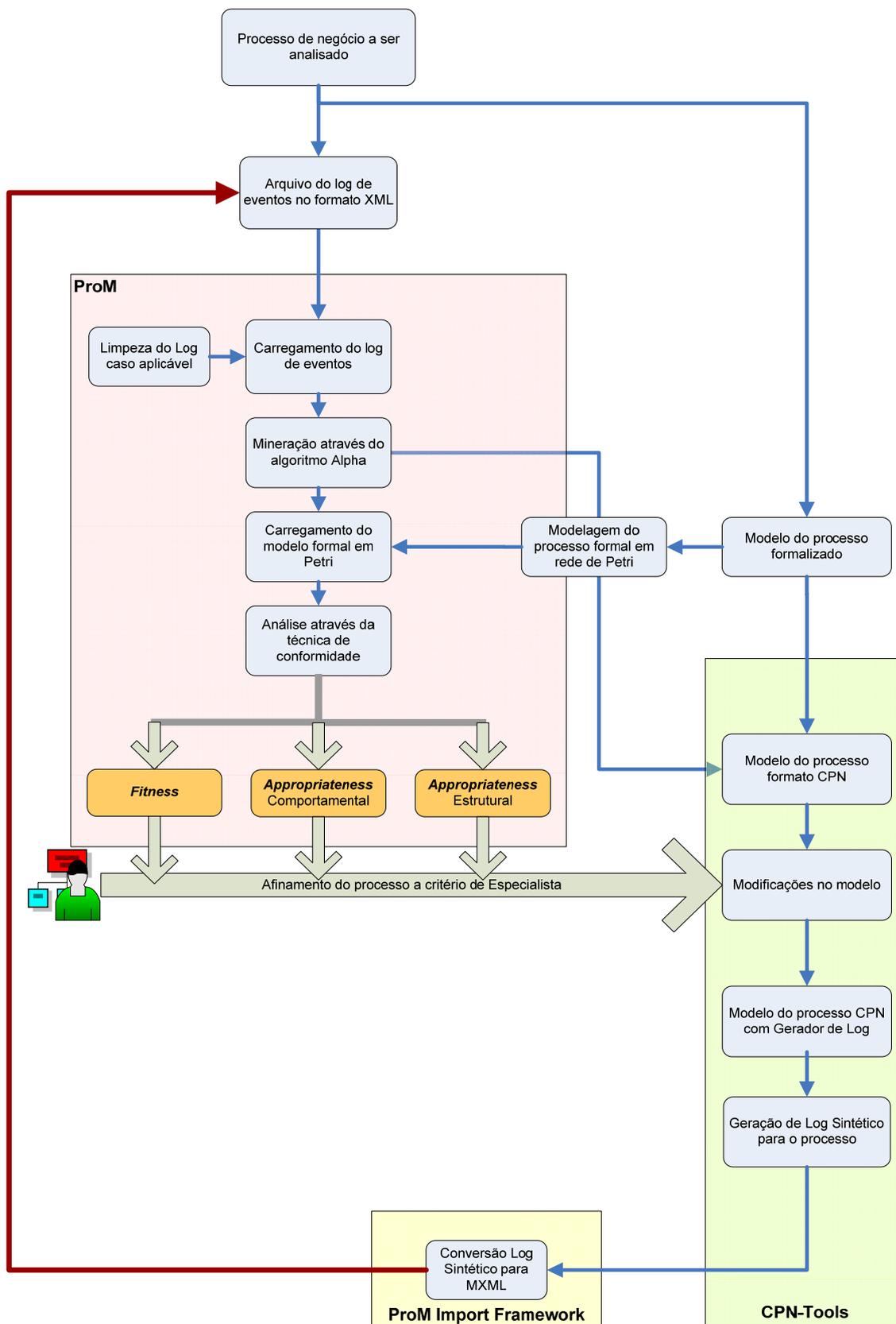


Figura 46 - *Framework* proposto
 Fonte: Desenvolvido pelo autor.

A seguir carrega-se o modelo formal em PNML, sendo requerido pelo ProM que se faça uma correlação entre os eventos encontrados no *log* e no modelo formal, através de uma tela de mapeamento entre ambos. Estabelecida essa correlação, efetua-se a análise de conformidade, com a aplicação do algoritmo *Conformance Checker*. Cada dimensão de conformidade pode ser obtida individualmente ou em conjunto, de acordo com as opções selecionadas.

A técnica de Conformidade é empregada para determinar se o modelo de processo formal se assemelha ao processo que efetivamente está sendo executado pela organização. Essa avaliação deve ser feita por um especialista em processos de negócios e é obtida pelo emprego de três métricas de conformidade:

- a) *Fitness*: determina se os caminhos seguidos pelo log de eventos correspondem aos caminhos válidos no modelo do processo;
- b) *Appropriateness* Comportamental: avalia o grau de precisão em que o modelo do processo descreve o comportamento observado, combinado com o grau de clareza em que ele é representado;
- c) *Appropriateness* Estrutural: avalia o grau de clareza em que o modelo do processo é representado.

Dentro da técnica proposta de verificação entre o modelo de processo formal e real, em termos numéricos, cada um dos três indicadores pode assumir valores situados entre:

- a) 0.0 – não há conformidade observada;
- b) 1.0 – conformidade inteiramente observada.

Uma análise consistente considera as três métricas em conjunto, iniciando pela determinação do *Fitness*, depois pelo *Appropriateness* Comportamental, e por último, o *Appropriateness* Estrutural.

O modelo de processo real, encontrado a partir da mineração de processos com o algoritmo Alpha, é inserido na ferramenta de simulação CPN Tools, para que sejam feitas as modificações e adequações necessárias com o modelo formal. Essa inserção pode ser feita manualmente, desenhando a rede de Petri colorida no CPN Tools ou utilizando uma opção do *framework* ProM chamada Export CPN-Tools 2.0, parametrizável, que cria automaticamente uma rede de Petri colorida.

A forma de verificação se as modificações propostas são adequadas quanto a melhoria da conformidade é testá-las novamente no ProM, utilizando antes disso, as funções de geração de *logs* sintéticos.

3.6. O Experimento

Com a finalidade de avaliar a funcionalidade da abordagem proposta, e se ela atende os demais objetivos propostos no subcapítulo 1.3.2, notadamente o mencionado no item b:

“Propor modificações no processo de negócios e no seu log de eventos e avaliar através da abordagem metodológica estruturada se houve melhoria na conformidade entre o processo formal e o processo real”,

foi desenvolvido um modelo de processo de negócio experimental, que do ponto de vista organizacional, tem suas atividades executadas pelos recursos: Sistema, Luiz, Marta, José e Carla, distribuídos conforme mostra a figura 47.

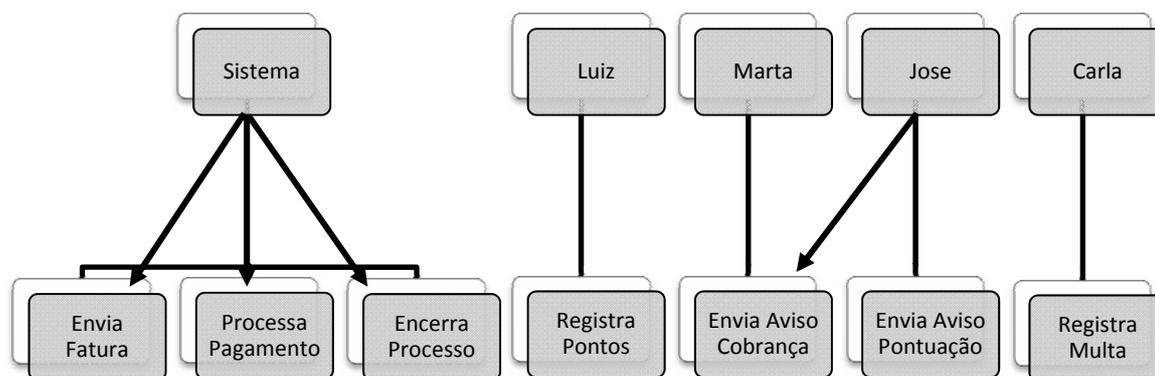


Figura 47 - Estrutura organizacional do processo formal

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

O diagrama no formato PNML da figura 48, mostra do ponto de vista do controle de fluxo, o sequenciamento das atividades / tarefas executadas no modelo.

As transições representam as atividades, os lugares correspondem a uma condição atribuída antes ou após a execução das tarefas. Os arcos ligam os lugares

às transições e permitem que as ações sejam executadas dentro da rede de acordo com condições estabelecidas.

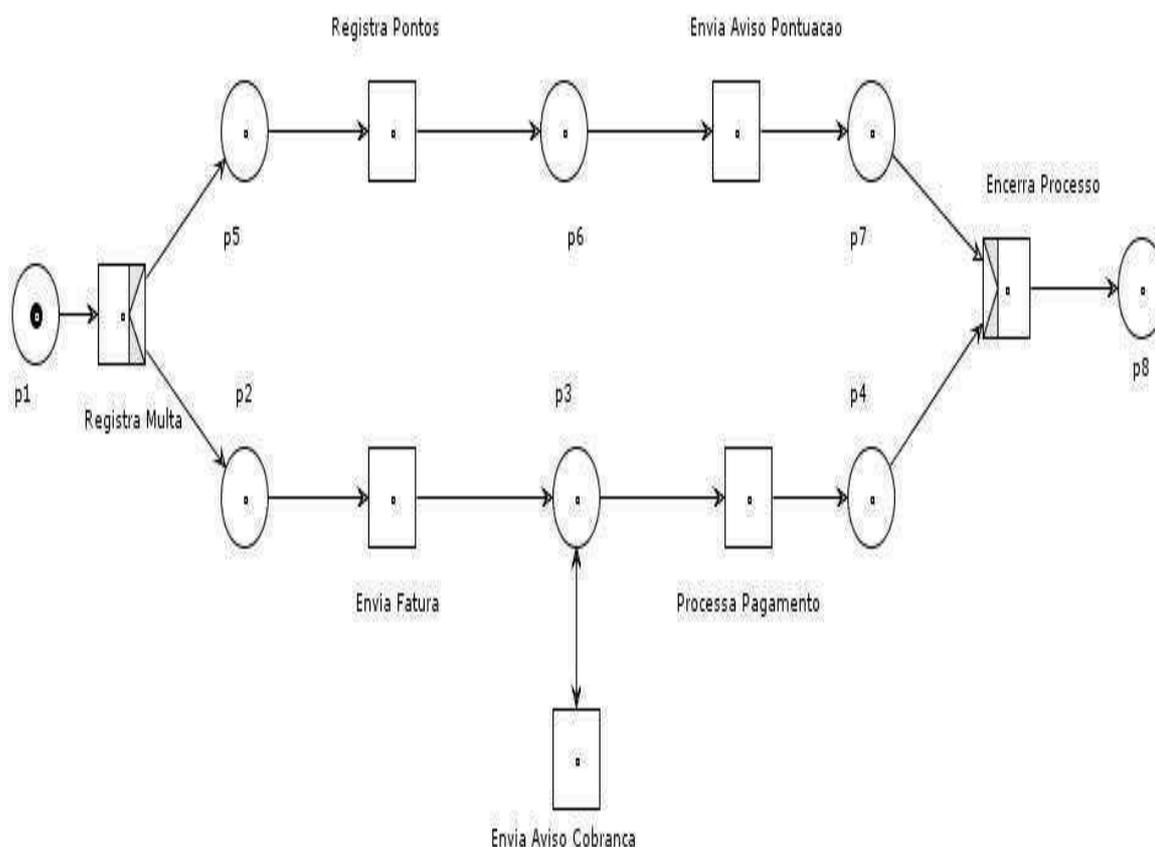


Figura 48 - Modelo de processo formal experimental

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Ainda na definição do experimento, no sentido de testar a conformidade dos modelos representando um modelo real, foi adotado como base um *log* de eventos denominado *FileFines.mxml*, disponível em www.processmining.org e frequentemente utilizado nos trabalhos e artigos científicos, como exemplo para diversas aplicações de mineração de processos.

Esse *log*, conforme ilustra a figura 49, foi adaptado para este trabalho, com tradução para o idioma português, dos tipos de eventos registrados e nome das tarefas executadas.

Com o modelo formal e o *log* de eventos representativo do modelo real, iniciou-se o teste da abordagem metodológica estruturada.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <!-- edited with XMLSpy v2009 sp1 (http://www.altova.com) by Eliseu Ramos (Student) -->
3 <!-- MXML version 1.0 -->
4 <!-- This is a process enactment event log created to be analyzed by ProM. -->
5 <!-- ProM is the process mining framework. It can be freely obtained at http://www.processmining.org/ -->
6 <WorkflowLog xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://is.tm.tue.nl/research/pro
7   <Source program="CPN Tools simulation"/>
8   <Process id="DEFAULT" description="Simulated process">
9     <ProcessInstance id="1" description="Simulated process instance">
10      <AuditTrailEntry>
11        <WorkflowModelElement>RegistraMulta</WorkflowModelElement>
12        <EventType>complete</EventType>
13        <Timestamp>1969-12-31T22:01:00.000+01:00</Timestamp>
14        <Originator>Carla</Originator>
15      </AuditTrailEntry>
16      <AuditTrailEntry>
17        <WorkflowModelElement>EnviaFatura</WorkflowModelElement>
18        <EventType>complete</EventType>
19        <Timestamp>1969-12-31T22:01:00.000+01:00</Timestamp>
20        <Originator>sistema</Originator>
21      </AuditTrailEntry>
22      <AuditTrailEntry>
23        <WorkflowModelElement>EnviaAvisoCobranca</WorkflowModelElement>
24        <EventType>complete</EventType>
25        <Timestamp>1969-12-31T22:31:00.000+01:00</Timestamp>
26        <Originator>Marta</Originator>
27      </AuditTrailEntry>
28      <AuditTrailEntry>
29        <WorkflowModelElement>EnviaAvisoCobranca</WorkflowModelElement>
30        <EventType>complete</EventType>
31        <Timestamp>1969-12-31T23:01:00.000+01:00</Timestamp>
32        <Originator>Marta</Originator>
33      </AuditTrailEntry>
34      <AuditTrailEntry>
35        <WorkflowModelElement>EnviaAvisoCobranca</WorkflowModelElement>
36        <EventType>complete</EventType>
37        <Timestamp>1969-12-31T23:31:00.000+01:00</Timestamp>
38        <Originator>Marta</Originator>
39      </AuditTrailEntry>
40      <AuditTrailEntry>

```

Figura 49 - Recorte do log de eventos LogTrataMultasReal.mxml

Fonte: Adaptado de Medeiros (2006).

3.6.1. Carregamento do *log* e modelo no ProM

Primeiramente deve-se carregar no ProM, o *log* de eventos representativo do processo real, LogTrataMultasReal.mxml. Através do botão *start analyzing this log* e em seguida com a escolha do algoritmo Alpha, inicia-se a mineração do *log*.

Como resultado dessa mineração, é apresentado um fluxo do processo real, em notação Petri, conforme mostra a figura 50.

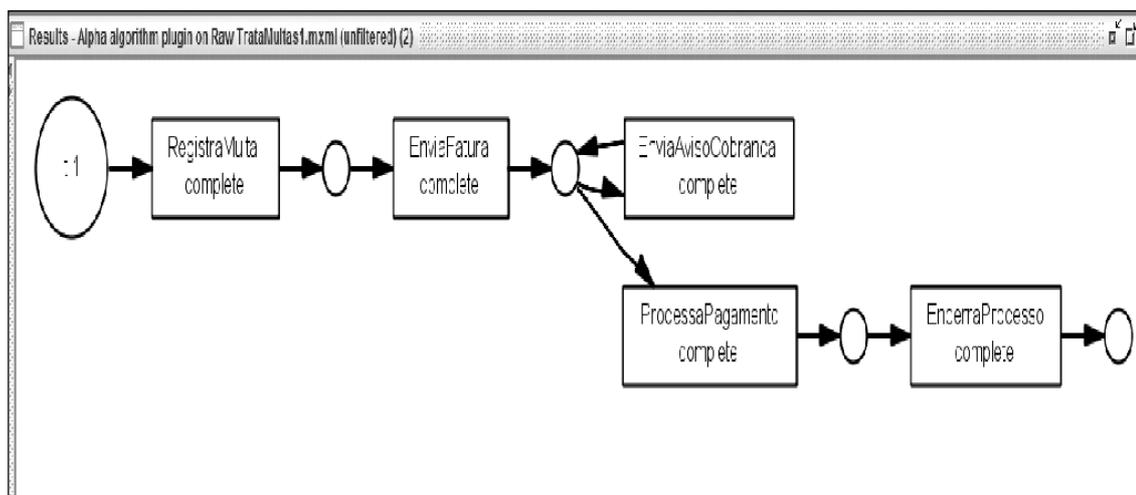


Figura 50 - Fluxo do processo real

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Em seguida é feito o carregamento do arquivo em formato pnml, que representa o modelo formal. Para o estabelecimento da conexão entre os modelos, é solicitado que seja feito um mapeamento entre os eventos encontrados no modelo e no *log*. Caso existam eventos no modelo que não ocorrem no *log*, pode-se escolher entre deixar esses eventos visíveis ou invisíveis.

3.6.2. Verificação da conformidade

Com ambos os modelos carregados, o ProM está pronto para a análise de conformidade, com a escolha do algoritmo *Conformance Checker* e do arquivo do modelo formal pnml. Antes de iniciar a análise, é possível definir quais métricas serão avaliadas.

A verificação de conformidade efetuada traz como resultado um *fitness* de 0.8579, conforme mostra a figura 51. Esse parâmetro e a observação visual no modelo conformado dão conta que existem duas atividades que não estão sendo realizadas no processo real (Registra Pontos e Envia Aviso de Pontuação).

Os dois círculos vermelhos representam lugares e o número no interior do mesmo, as fichas criadas artificialmente para reproduzir no modelo formal, o comportamento existente no *log*, ou seja, determinando se os caminhos seguidos pelo log de eventos correspondem a caminhos válidos no modelo do processo.

As transições mostradas na figura 51, com destaque em verde, indicam que essas atividades foram executadas normalmente no processo minerado.

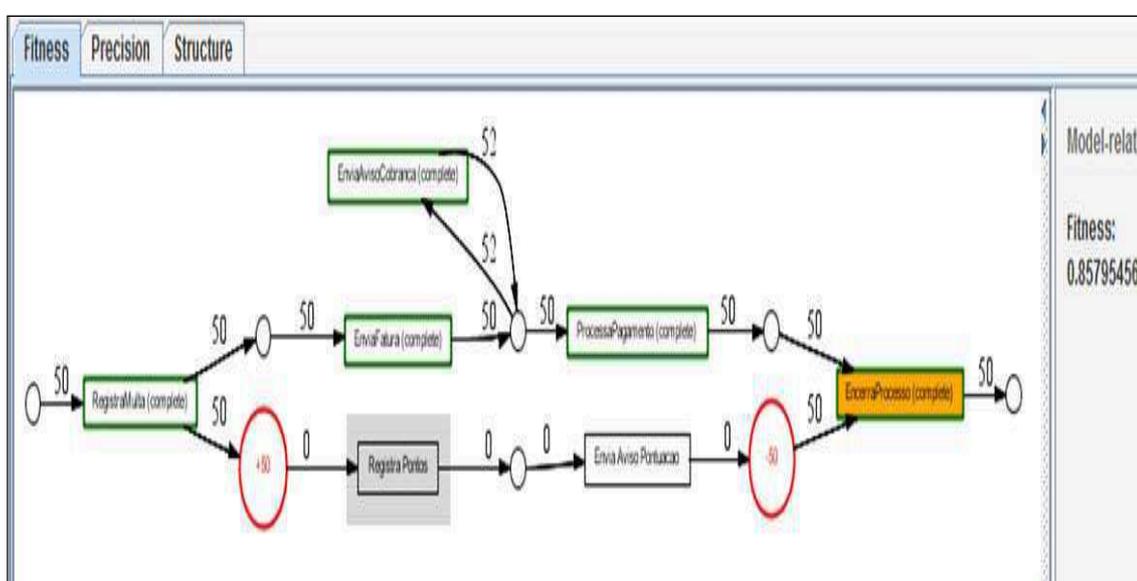


Figura 51 - *Fitness* entre modelo formal e real

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Em seguida foi verificada a métrica *Appropriateness* comportamental avançada, no sentido de avaliar o grau de precisão em que o modelo do processo descreve o comportamento observado, combinado com o grau de clareza em que ele é representado, conforme mostra a figura 52. O valor de *aB* encontrado foi de 0.25, reforçando o conceito da não conformidade entre ambos os modelos.

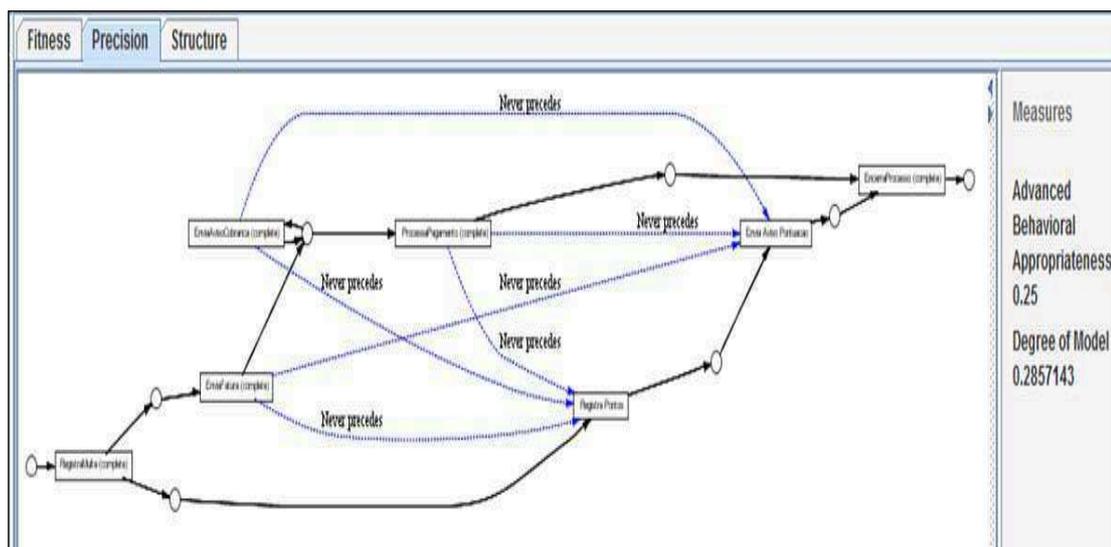


Figura 52 - *Appropriateness* comportamental avançado

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

A métrica *Appropriateness* estrutural avançada, que indica o grau de clareza em que o modelo do processo é representado, teve um valor encontrado foi de 1.0, conforme indica a figura 53. Esse fato corrobora com a idéia de que as métricas de conformidade não podem ser analisadas isoladamente.

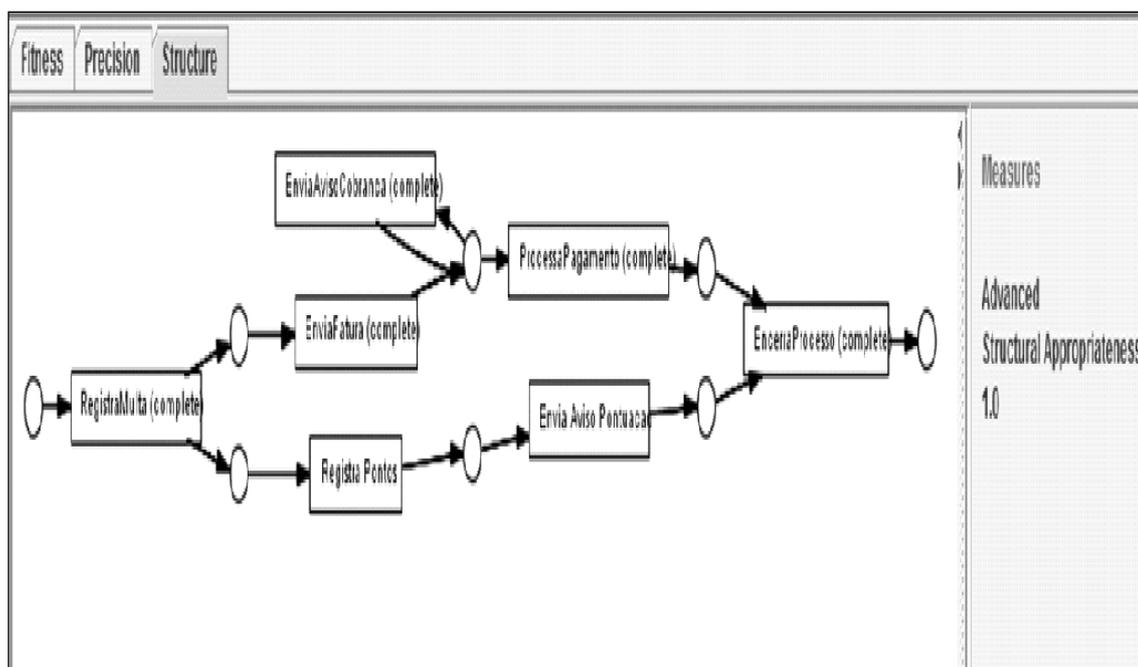


Figura 53- *Appropriateness* comportamental avançado

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

3.6.3. Análise do processo encontrado

Uma análise realizada a partir dos dados encontrados denota que no processo de tratamento de multas, duas atividades não são executadas, e isso é visualizado facilmente na tela do *Fitness*.

O ProM oferece outra maneira de identificar as distorções entre os modelos, e saber por exemplo, qual recurso não está atuando de acordo com o esperado, através do algoritmo de mineração *Organization Miner*, que mostra na perspectiva organizacional, os recursos envolvidos nas atividades.

Considerando que o *log* experimentado contém informações relativas aos recursos, após a mineração com esse algoritmo, foi detectado que Luiz não realizou nenhuma atividade, além de confirmar que as atividades de Registra Pontos e Envia Aviso Pontuação não foram executadas.

Essa conclusão foi possível confrontando o diagrama gerado pelo ProM e apresentado na figura 54, com a estrutura organizacional mostrada na figura 47.

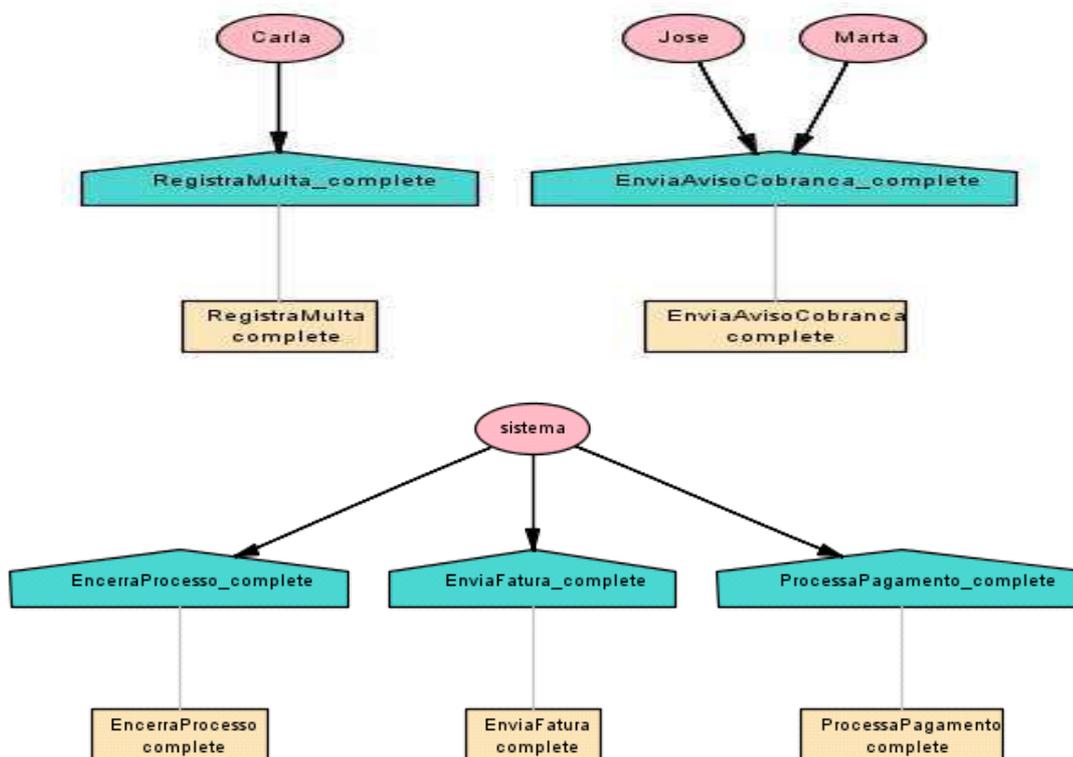


Figura 54 - Estrutura organizacional mostrada no log do processo real

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

3.6.4. Modificações no processo

Com a constatação de que o processo formalizado não está sendo executado adequadamente, a abordagem metodológica estruturada sugere que se façam modificações no modelo de processo real ou até mesmo no modelo formal. Essas modificações serão feitas no ambiente de simulação CPN Tools.

O ponto de partida para a utilização da ferramenta de simulação é a criação de uma rede de Petri colorida que reproduza o modelo de processo real, através do seu desenho no ambiente CPN Tools.

Devem ser adicionadas as atividades que não estavam sendo executadas no modelo real: Registra Pontos e Envia Aviso Pontuação, bem como agregados o módulo gerador de *cases* e as inscrições nas transições para geração do *log* artificial.

A RdPC do processo real tem a estrutura como mostrada na figura 55.

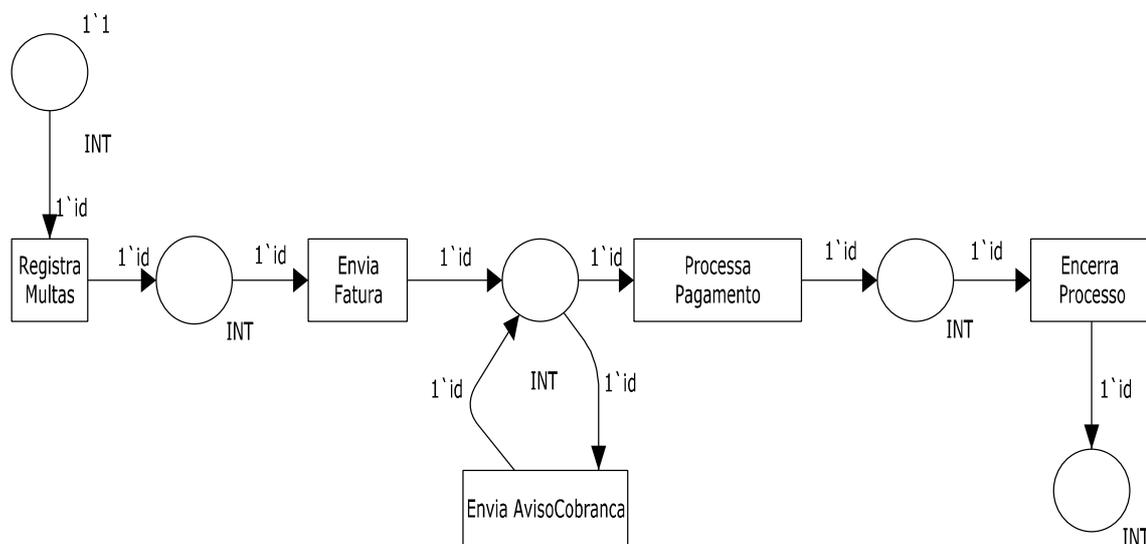


Figura 55 - Representação básica em RdPC do modelo real

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

As declarações necessárias para o funcionamento do experimento são as descritas no Quadro 1, incluindo informações a respeito dos recursos utilizados e respectivas funções desempenhadas.

```

(* Standard declarations *)
colset E = with e;
colset INT = int;
colset BOOL = bool;
colset STRING = string;
(* Net declarations *)
colset TIMEDINT = int timed;
colset REGRA0 = subset STRING with ["Sistema"];
colset REGRA1 = subset STRING with ["Carla"];
colset REGRA2 = subset STRING with ["Marta", "Jose"];
colset REGRA3 = subset STRING with ["Jose"];
colset REGRA4 = subset STRING with ["Luiz"];
colset INT_REGRA2 = product INT * REGRA2 timed;
var id: INT;
var regra0: REGRA0;
var regra1: REGRA1;
var regra2: REGRA2;
var regra3:REGRA3;
var regra4:REGRA4;
fun OK(id) =
if id < 500 then true
else false;
(* Log declarations *)
val FILE = "c:/1/cpnlogs/"
val FILE_EXTENSION = ".cpnxml"
use "loggingFunctionsMultipleFiles.sml";

```

Quadro 1 - Declarações para a RdPc do modelo

Fonte: Adaptado de Medeiros e Gunther (2005).

Além das declarações mencionadas é necessário inserir as inscrições de *input/output/action* a cada transição do processo e a chamada para a função *addATE*, responsável pela gravação da trilha do *log*. Para o modelo do experimento, a inscrição genérica consiste em:

```

input (id, regran);
output();
action
(addATE(id,"nomedatransição",["tipodeevento"],calculateTimeStamp(),
regran, [ ]));

```

As modificações propostas para o modelo de processo real são vistas na figura 56.

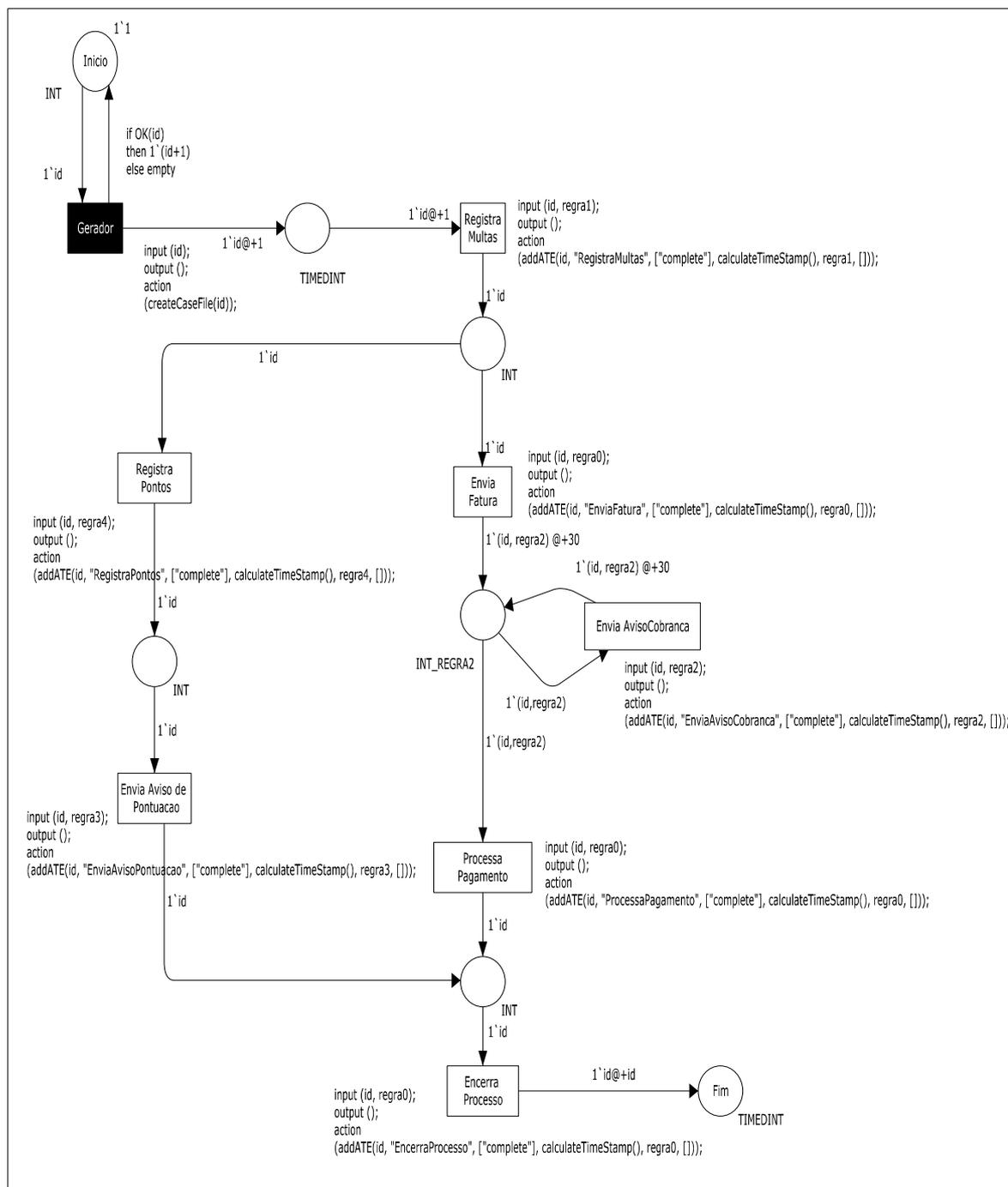


Figura 56- Modelo de processo real melhorado em RdPC
Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Com o modelo em RdPC, pode-se iniciar a simulação da rede, atribuindo fichas a transição Gerador. Esse procedimento Isso desencadeia o processo de circulação de cases na rede, gerando uma trilha de log a cada transição habilitada. A quantidade de cases gerada é determinada pela função OK, que pode ser alterada conforme a necessidade.

3.6.5. Geração e Agregação de Logs

No caso da rede utilizada no experimento, após a geração dos cases na quantidade desejada, a rede é finalizada. O próximo passo é agregar os arquivos gerados para formar um arquivo de *log* no padrão MXML. Para isso é preciso utilizar a ferramenta ProMImport, citada anteriormente e mostrado na figura 57.



Figura 57 - Ferramenta ProMImport

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Através da aba *Filter properties*, indica-se os diretórios origem, destino e extensão dos arquivos de processamento. O processo de agregação é disparado pelo botão *Start*. Com a conclusão da operação, um arquivo mxml é disponibilizado e pode ser aberto pela ferramenta ProM.

Para o experimento, foram gerados 500 arquivos, que formaram um de *log* de eventos, chamado *tratamultascpn.mxml*. Esse arquivo foi carregado na ferramenta de mineração de processos ProM e nova verificação de conformidade foi realizada.

3.6.6. Análise do processo modificado

Com a verificação da conformidade entre o modelo formal e o modelo modificado, foi obtido um modelo de processo modificado, mostrado na figura 58, a partir da mineração do *log* sintético *TrataMultasCPN.mxml*, gerado na rede acima.

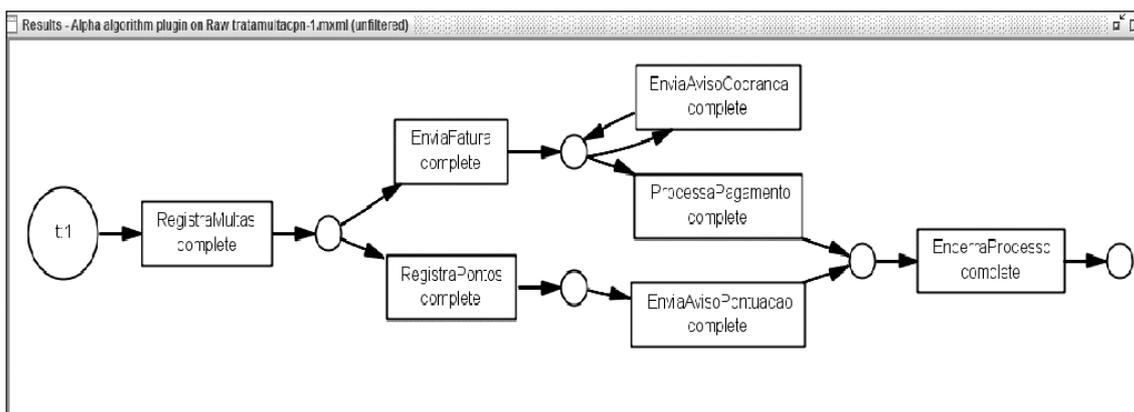


Figura 58 - Modelo de processo modificado obtido a partir da mineração do log
Fonte: Desenvolvido pelo autor.

A verificação de conformidade efetuada trouxe como resultado um *fitness* de 1.0, conforme mostra a figura 59, indicando que o modelo formal e o modelo modificado reproduzem o mesmo comportamento, quando submetido à execução do log. Com a adição das duas atividades (Registra Pontos e Envia Aviso de Pontuação) que não estavam sendo realizadas, ambos os modelos, formal e modificado, se tornaram idênticos e podem ainda ser o ponto de partida para outras análises.

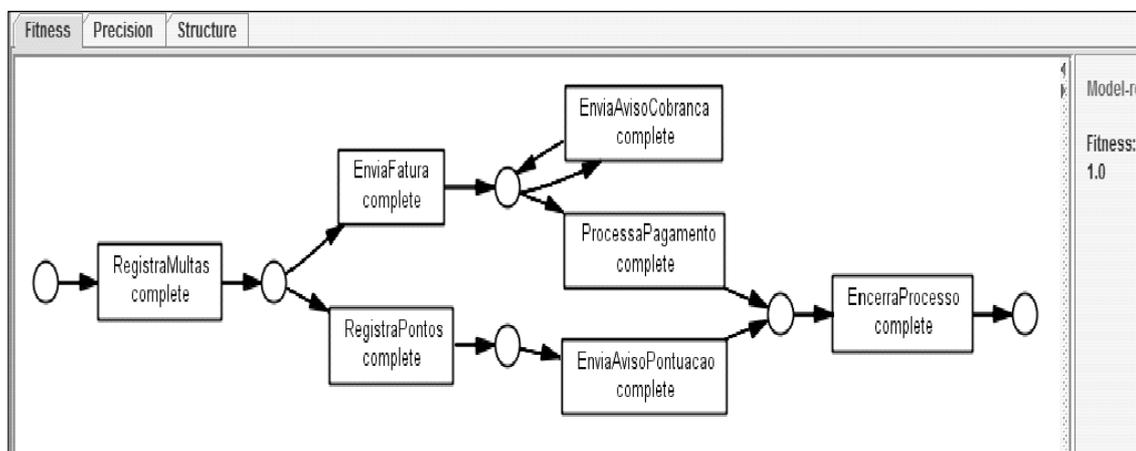


Figura 59 - *Fitness* entre modelo formal e modificado
Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Quanto ao grau de precisão e clareza dos modelos analisados, dado a igualdade entre os mesmos, a *Appropriateness* comportamental avançada e a *Appropriateness* estrutural avançada encontrada foi de 1.0, conforme ilustrado na figura 60 e 61.

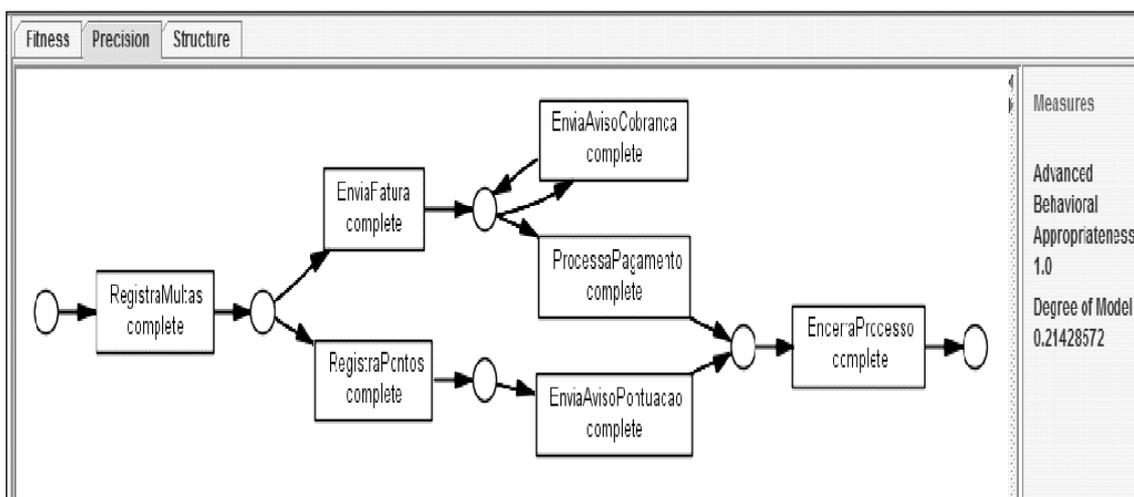


Figura 60 - *Appropriateness* comportamental avançado

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

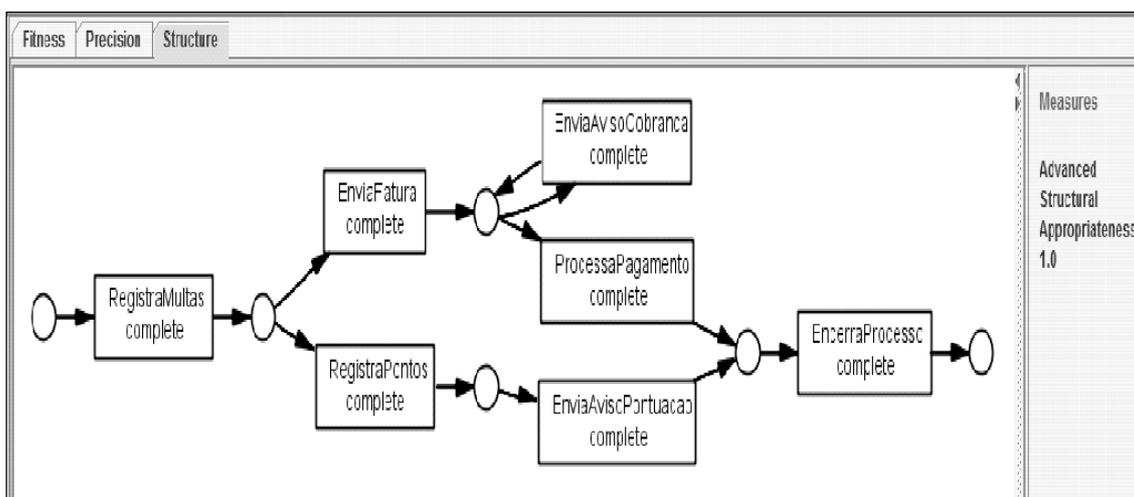


Figura 61 - *Appropriateness* estrutural avançada

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

A figura 62, mostra uma nova configuração para a estrutura organizacional, resultado de uma nova mineração no log, demonstrando como as as duas atividades (Registra Pontos e Envia Aviso de Pontuação) e os recursos Luiz e José estão localizados no contexto do organograma da empresa.

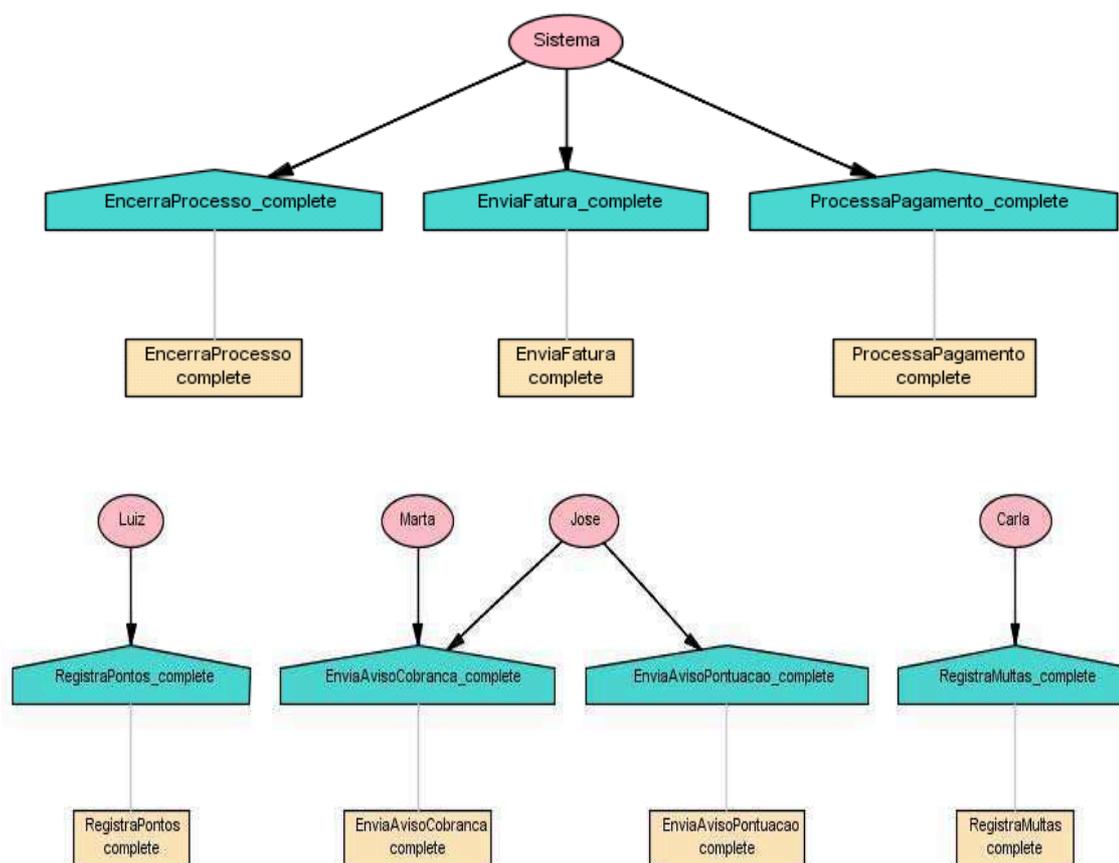


Figura 62 – Nova configuração da estrutura organizacional do processo modificado

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

3.7. Considerações sobre o Experimento

Este capítulo buscou apresentar os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa, detalhando os passos necessários para a aplicação da abordagem metodológica estruturada para a análise de processos de negócios, que de forma resumida, consistem em:

- a) Obter o modelo do processo em formato pnml;
- b) Obter o *log* de evento no formato XML / MXML;
- c) Carregar ambos na ferramenta ProM;
- d) Verificar a conformidade através do *Fitness* e *Appropriateness*;
- e) Confrontar o modelo formal e real e analisar junto com o especialista;

- f) Criar um modelo de simulação na ferramenta CPN Tools, a partir do modelo real, implementando modificações e melhorias necessárias;
- g) Adicionar ao modelo criado, o gerador de log;
- h) Avaliar necessidade de inserir perspectivas adicionais no *log*;
- i) Gerar log para o processo modificado;
- j) Analisar log criado com a ferramenta ProM;
- k) Avaliar a conformidade obtida, nas dimensões *Fitness* e *Appropriateness*, verificando se modificações efetuadas trouxe melhora nas métricas e se é necessário promover novas alterações;

Procurou-se detalhar também, o uso das ferramentas empregadas na realização do experimento. É importante ressaltar que apesar da eventual dificuldade de adaptação no ambiente de simulação CPN Tools e na modelagem em redes de Petri coloridas, a ferramenta ProM oferece recursos de integração com o CPN Tools, que praticamente eliminam a necessidade de projetar uma RdPC a partir do zero.

Esse aspecto é fundamental no caso de processos de negócios complexos, que naturalmente demandariam horas adicionais no desenho da RdPC equivalente.

4. CONCLUSÃO

As organizações são formadas por processos de negócios, e o entendimento a respeito de seu funcionamento, suas características e interações são fundamentais para o sucesso das empresas.

A identificação dos processos efetivamente realizados proporciona obter uma maior compreensão da organização, auxiliando a racionalizar o fluxo de informações existente na empresa.

Sistemas de gestão empresarial estão cada vez mais presentes nas empresas, para suportar seus processos de negócios. Ocorre que muitas vezes esses processos formalizados e implementados, podem não atender todos os cenários possíveis e se tornarem desatualizados.

É nesse contexto que a mineração de processos é aqui abordada. Com o uso de ferramentas e técnicas específicas, possibilita analisar e aperfeiçoar os processos modelados.

Esse trabalho se propôs a examinar a partir de uma extensa revisão teórica, as principais questões envolvidas na aplicação da técnica da conformidade, demonstrar suas características, dimensões e funcionalidades.

Foram analisados conceitos e definições sobre o formalismo das redes de Petri clássicas e coloridas, essencial para sustentar os conceitos relativos à mineração e simulação de processos.

A revisão bibliográfica foi concebida com o propósito de obter subsídios para a elaboração da abordagem metodológica estruturada, que posteriormente foi testada e avaliada através de um experimento.

4.1. Análise dos objetivos propostos

Com relação ao atendimento ao objetivo geral estabelecido para esta pesquisa, constata-se que com os resultados obtidos, a partir da aplicação da abordagem estruturada e das métricas verificadas, que a proposta constitui numa alternativa perfeitamente aplicável, para auxiliar na resposta a pergunta tema deste

trabalho: “é possível melhorar a conformidade entre os processos de negócios formalizados e os processos efetivamente realizados?”.

Além de contribuir na melhora da conformidade entre os processos, a técnica e as ferramentas de mineração e simulação de processos, auxiliam o especialista a localizar a origem das distorções entre o modelo formal e real.

Para viabilizar o objetivo principal desta dissertação, foram estabelecidos três objetivos específicos, e aqui é descrito o que foi atendido para cada um deles.

O primeiro objetivo específico era relacionado à identificação no referencial teórico, de definições e conceitos sobre gerenciamento de processos de negócios, *log* de eventos, mineração de processos, métricas de conformidade em processos de negócios e redes de Petri clássica / colorida. Todo esse aporte bibliográfico constante do capítulo 2.1 contribuiu significativamente para o desenvolvimento e aplicação da abordagem metodológica estruturada.

O segundo objetivo específico propunha introduzir modificações no processo de negócio e no seu *log* de eventos, de forma a avaliar através da abordagem metodológica estruturada, se houve melhoria na conformidade entre o processo formal e o processo real. Os resultados obtidos com o experimento realizado no capítulo 2.2, apontam que a conformidade pode ser melhorada com a aplicação da metodologia proposta.

Por fim, o terceiro objetivo consistiu de analisar os resultados obtidos e elaborar conclusões sobre o experimento realizado no segundo objetivo. Essa análise e considerações finais estão relatadas no decorrer da realização dos testes, no capítulo de Procedimentos Metodológicos.

4.2. Limitações da pesquisa e sugestão de trabalhos futuros

Um trabalho de pesquisa não pretende exaurir um tema e ser conclusivo, ao contrário, espera-se que possa ser estendido a partir de novas idéias, conforme as potencialidades de cada pesquisador.

Este estudo propôs a partir de concepções estabelecidas para a técnica de conformidade e para a geração de *logs* sintéticos, uma abordagem metodologia para a análise de processos de negócios. Entretanto a aplicação desta metodologia

abrangendo um número maior de experimentos pode servir de ponto de partida para outras pesquisas no assunto, com um aprofundamento na perspectiva organizacional, e a utilização dos *plug-ins* Genetic e Organizational Miner de mineração de processos.

Outro vetor de pesquisa que pode ser explorado se refere à utilização das técnicas apresentadas, para desenvolver e testar outros formatos de log, em particular o proposto pela Interface 5 da WfMC.

4.3. Considerações finais

Observou-se com este trabalho, que a abordagem metodológica estruturada proposta pode ser utilizada para analisar outras perspectivas dentro da mineração de processo.

A otimização de processo em ambiente de simulação e com a abordagem proposta, pode trazer vantagens no que diz respeito a redução de tempo, custos de desenvolvimento, alteração de sistemas e recursos envolvidos.

O estudo confirmou as ferramentas de mineração de processos ProM e de simulação de redes de Petri coloridas CPN Tools como adequadas a aplicação da metodologia proposta, cujo foco foi à verificação de conformidade e a análise das três métricas: *Fitness*, *Appropriateness* comportamental e *Appropriateness* estrutural. Entretanto, outras análises são perfeitamente aplicáveis, mesmo que o *log* do processo real não contemple todas as informações necessárias.

Com a geração de log sintético, é possível incrementar a análise do processo quanto ao aspecto organizacional, no que se refere à utilização dos recursos; de desempenho, no que se refere aos tempos de atravessamento e espera; auditoria, no que se refere às regras e acessos estabelecidos para cada usuário.

Quanto ao experimento realizado, verificou-se que a abordagem metodológica estruturada, baseada na verificação da conformidade entre modelos de processos formal e real, e a modelagem de processos em um ambiente de simulação, pode ser utilizada para auxiliar o especialista na melhoria e racionalização dos processos de negócio.

REFERÊNCIAS

AALST, W. M. P. V. D.; HEE, K. M. V.; **Workflow Management: Models, Methods and Systems**. MIT Press. Cambridge, Massachusetts, London, England. 2002.

AALST, W.M.P. van der et al. **Workflow mining: a Survey of issues and approaches**. Data and Knowledge Engineering, 47(2):237-267, 2003.

AALST, W. M. P. V. D.; HEE, K. M. V.; HOUBEN. G. J.; **Modelling and analysing workflow using a Petri-net based approach**. Proceedings of Second Workshop on Computer Supported Cooperative Work, Petri nets related formalisms. p. 31-50, 1994.

AALST, W.M.P. van der; WEIJTERS, A.J.M.M.; MARUSTER, I. **Workflow mining: discovering process models from event logs**. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 16(9):1128–1142, 2004.

AALST, W.M.P. van der et al. **Business process mining: an industrial application**. In Department of Mathematics and Computer Science Technische Universiteit Eindhoven. 2006.

AALST, W. V. D. **Making Work Flow: On the Application of Petri nets to Business Process Management**. Springer-Verlag, Berlin, volume 2360, pages 1-22: 2002;

AALST, W.M.P. van der; ROSINAT, A. **Decision mining in ProM**. In Department of Mathematics and Computer Science Technische Universiteit Eindhoven. 2006.

AALST, W.M.P. van der; ROSINAT, A. **Decision mining in business processes**. In Department of Mathematics and Computer Science Technische Universiteit Eindhoven. 2006

AALST, W.M.P. van der; WEIJTERS, A.J.M.M. **Process mining**. In Department of Mathematics and Computer Science Technische Universiteit Eindhoven. 2006.

AALST, W.M.P. van der; GUNTHER, C.W. **Finding structure in unstructured processes: the case for process mining**. 2007

ABREU, Maurício. **Administração e Sistemas de Informação: soluções na era do conhecimento**. Rio de Janeiro. Apresentação. 72 páginas. 1999.

ANDER-EGG, Ezequiel. **Introducción a las técnicas de investigación social: para trabajadores sociales**. 7 ed. Buenos Aires: Humanitas, 1978. Parte II, capítulo 6.

AGRAWAL, R. GUNOPULOS, D. LEYMANN, F. **Mining process models from workflow logs**. In Sixth International Conference on Extending Database Technology, páginas 469–483, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001**: Sistema de Gestão da Qualidade: requisitos. Rio de Janeiro, 2000.

BPMN. **Business process modeling notation**. Business Process Management Initiative, 2006. 308 p. Disponível em: <http://www.bpmi.org>. Acesso em: 12 jul. 2009

DAVENPORT, T. H. **Process innovation - reengineering work through information technology**. Cambridge, Mass: Harvard Business School Press.1993.

DONGEN, B.F. van; ALST, W.M.P. van der. **A Meta model for process mining data**. In J. Casto and E. Teniente, editors, Proceedings of the CAiSE'05 Workshops (EMOI-INTEROP Workshop), volume 2, pages 309–320. FEUP, Porto, Portugal. 2005a.

DONGEN, B.F. van et al. **The ProM framework: a new era in process mining tool support**. In accepted tool presentation at ATPN 2005, 2005b.

ESTORILIO, Carla C. A. **O trabalho dos engenheiros em situações de projeto de produto: uma análise de processo baseada na ergonomia**. São Paulo, 2003. 317f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade de São Paulo, USP, 2003.

EVANS, Bill. **Event log management: a guide to a Stress-free audit**. White Paper. <http://whitepaper.informationweek.com>. Acesso em: 30 jul. 2009.

GEORGAKOPOULOS, Dimitrios and HORNICK, Mark. **An overview of workflow management: from process modeling to workflow automation infrastructure**. Distributed and Parallel Databases, 3, 119-153. 1995.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GOLANI, M.; PINTER, Sholomit S. **Generating a process model from a process audit log: business process management**. Springer-Verlag Berlim Heidelberg. 2003.

GÜNTHER, C.W.; AALST, W.M.P. van der. **A generic import framework for process event logs**. In: Eder, J., Dustdar, S. (Eds.), Business Process Management Workshops Workshop on Business Process Intelligence (BPI 2006), Lecture Notes in Computer Science, vol. 4103. Springer, Berlin. pp. 81-92.

HAMMER, M.; CHAMPY, J. **Reengineering the corporation: a Manifesto for Business Revolution**. Harper Business, New York, 1993.

HORNIX, Peter. **Performance analysis of business processes through process mining**. Master's Thesis. Department of Mathematics and Computer Science Technische Universiteit Eindhoven. 2007.

JENSEN, K. **Coloured Petri Nets : Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use**. 1st EARCS Monographs on Theoretical Computer Science, Springer. 1992.

JENSEN, K. **A brief introduction to coloured Petri nets**. In: E. Brinksma (ed.): Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems. Proceeding of the TACAS'97 Workshop, Enschede, The Netherlands 1997, Lecture Notes in Computer Science Vol. 1217, Springer-Verlag 1997, 203-208.

JESTON, John; NELIS, Johan. **Business process management: practical guidelines to successful implementations**. Butterworth-Heinemann. 2006.

JOCHEM, R.; MERTINS, K. **Architectures, methods and tools for enterprise engineering**. International Journal of Production Economics. p.179-188. Elsevier. 2005.

LAWRANCE, P. **Workflow Handbook 1997, Workflow Management Coalition**. John Wiley and Sons, New York, ed. 1997.

LEYMANN, Frank; ROLLER, Dieter. **Production workflow: concepts and techniques**. New Jersey : Prentice Hall, 2000.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico**. 6ª ed. – 5ª reimpressão. São Paulo: Atlas, 2007.

MEDEIROS, A.K. **Genetic process mining**. PhD thesis, Department of Technology Management, Technical University Eindhoven, 2006.

MEDEIROS, A.K. Alves de; GUNTHER, C.W. **Process Mining: using CPN Tools to create test logs for mining algorithms**. Proceedings of the Sixth Workshop and Tutorial on Practical Use of Coloured Petri Nets and the CPN Tools, October 2005, Department of Computer Science, University of Aarhus, 177-190.

MEDEIROS, A.K.A. de; WEIJTERS, A.J.M.M. **ProM framework tutorial**. In Department of Mathematics and Computer Science Technische Universiteit Eindhoven. 2008.

MEDINA-MORA, R. et al. **The action workflow approach to workflow management technology**. Proceedings of the CSCW'92, ACM, Toronto, pp.281-8. 1992.

MUEHLEN, zur M. **Workow-based process controlling: Foundation, Design and Application of workow-driven Process Information Systems**. Logos, Berlin, 2004.

MUEHLEN, zur M.; Rosemann, M. **Evaluation of workow management systems - a meta model approach**. Australian Journal of Information Systems, 6(1):103-116, 1998.

MUEHLEN, zur M.; TING-Yi HO, Danny. **Risk management in the BMP lifecycle**. In Stevens Institute of Technology. Howe School of Tecnology Management. 2004.

MURATA, T. **Petri net: properties, analysis and applications**. Proceedings of the IEEE, v. 77, n. 4, p. 541-579, 1989.

OLIVEIRA, D.P.R. de. **Sistemas, organização & métodos**: uma abordagem gerencial. 13º ed. São Paulo: Atlas, 2002.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conjunto de conhecimento em gerenciamento de projetos**. PMBOK, 2004 3ªedição. Newtown Square: PMI, 2005.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ. Sistema Integrado de Bibliotecas. **Normalização de trabalhos técnico-científicos**. 2008. Disponível em: http://www.pucpr.br/biblioteca/sibi/manual_normas2009.pdf. Acesso em: 16 julho 2009.

POPPER, K.S. **A lógica da pesquisa científica**. 2º ed. São Paulo: Cultrix, 1975.

RATZER, A.V. et al. **CPN Tools for editing, simulating and analysing coloured Petri nets**. In van der Aalst,W., Best, E., eds.: Applications and Theory of Petri Nets 2003: 24th International Conference, ICATPN 2003, Eindhoven, The Netherlands, June 23-27, 2003. Proceedings. Volume 2679 of Lecture Notes in Computer Science., Springer-Verlag (2003) 450–462

ROZENFELD, H. **Reflexões sobre a manufatura integrada por computador (CIM)**. In: Manufatura Classe Mundial: Mitos e Realidade. (1996: São Paulo). Anais. São Paulo, 1996.

ROSINAT, A.; AALST, W.M.P. van der; **Conformance Testing**: measuring the alignment between event logs and process models. In Department of Mathematics and Computer Science Technische Universiteit Eindhoven. 2005.

ROSINAT, A.; AALST, W.M.P. van der; **Conformance Checking of Processes Based on Monitoring Real Behavior**. In Department of Mathematics and Computer Science Technische Universiteit Eindhoven. 2006a.

ROSINAT, A.; AALST, W.M.P. van der. **ConformanceTesting**: measuring the fit and appropriateness of event logs and process models. Business Process Management. 2005. Workshops, volume 3812 of Lecture Note. Computer Science, pages163–176.Springer-Verlag, Berlin, 2006b.

ROSINAT, A.; AALST, W.M.P. van der; MANS, R.S.;SONG, M.; **Discovering colored Petri nets from event logs**. Int J Softw Tools Technol Transfer. 2007.

SANTOS, Antonio Raimundo dos. **Metodologia científica**: a construção do conhecimento. 5. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2002.

SILVA, Edna L.; MENEZES, Ester M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3ª Edição. UFSC/PPGEP/LED. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

SILVA, Sérgio L. **Informação e competitividade**: a contextualização da gestão do conhecimento nos processos organizacionais. **Ci. Inf., Brasília**, v. 31, no 2, p. 142-151, mai. – ago. 2002.

SMITH, H. & FINGAR, P. **Business process management**: the third wave. MKPress, 2003.

THE PROM FRAMEWORK (2009). [http:// www.prom.sourceforge.net](http://www.prom.sourceforge.net). Acesso em 02 jul.2009.

THOM, L.H.; CHIAO, C.; YOCHPE, C.; **Padrões de workflow para reuso em modelagem de processos de negócio**. Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006.

VALERIANO, D. L. **Gerência em projetos**: pesquisa, desenvolvimento e engenharia. São Paulo: Makron Books, 1998.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2009.

VERNADAT, F.B. **Enterprise modeling and integration**: principles and applications. Chapman & Hall, London. 1996.

WESKE, Mathias. **Business process management**: concepts, languages, architectures. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.

WEN, Lijie; WANG, Jianmin; SUN, Jiaguang. **Detecting implicit dependencies between tasks from event logs**. In School of Software, Tsinghua University. 2006.

WORKFLOW MANAGEMENT COALITION. **The Workflow Reference Model**, 1995. Disponível em: <http://www.wfmc.org/standards/model.htm>. Acesso em: 16 julho 2009.

WORKFLOW MANAGEMENT COALITION. **Workflow Management Coalition Audit Data Specification**, 1998 Document Number WFMC-TC-1015,1998. 22 Sep 1998 Version 1.1 Páginas 14 a 20.