

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

**BARBARA KIMIE OKAYAMA**

MODELAGEM E ANÁLISE DOS PROCESSOS DE NEGÓCIOS  
EM UMA EMPRESA DO RAMO AUTOMOTIVO ATRAVÉS DO  
FORMALISMO DAS REDES DE PETRI.

CURITIBA

2007

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

BARBARA KIMIE OKAYAMA

MODELAGEM E ANÁLISE DOS PROCESSOS DE  
NEGÓCIOS EM UMA EMPRESA DO RAMO  
AUTOMOTIVO ATRAVÉS DO FORMALISMO DAS  
REDES DE PETRI.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, elaborada sob a orientação científica dos professores:

Orientador: Prof. Dr. Marco Buseti

Co-Orientador: Prof. Dr. Eduardo Portela

CURITIBA

2007

## AGRADECIMENTO

Expresso minha sincera gratidão ao Professor Dr. Eduardo Loures pelas diretrizes seguras, orientação e paciência que me concedeu para o desenvolvimento desta pesquisa e por todo apoio dedicado durante este período.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marco Buseti e ao Prof. Dr. Eduardo Portela, pela colaboração, sugestão e discussão ao longo do período da pesquisa.

A Deus, por estar sempre ao meu lado, em todos os meus momentos.

Agradeço a meus pais e a todos os meus familiares, amigos e colegas que me apoiaram durante este período e que muitas vezes deixei de estar presente em vários momentos.

A minha tia Elvira, que se não fosse por ela, não teria realizado este estudo. E em especial àquelas pessoas que estiveram ao meu lado, em todos os momentos de dificuldade e que me deram forças nos momentos de fraqueza para que eu não desistisse e continuasse esta jornada.

## SUMÁRIO

Lista de Figuras .....	vii
Glossário .....	viii
Resumo .....	ix
Abstract.....	x
1 Capítulo I - Introdução .....	1
1.1 Justificativa .....	2
1.2 Objetivo de Pesquisa.....	3
1.3 Estratégia de Pesquisa.....	5
1.4 Organização .....	6
2 Capítulo II – Abordagens de gestão organizacional e processos de negócio.....	7
2.1 Introdução.....	7
2.2 A Administração Científica .....	8
2.3 Processos de Negócio.....	10
2.4 O que é <i>Workflow</i> .....	17
2.5 Ciclo de desenvolvimento.....	20
2.6 Considerações Finais .....	24
3 Capítulo III - Redes de Petri como formalismo para modelagem de processos de negócio .....	25
3.1 Introdução.....	25
3.2 Redes de Petri .....	28
3.3 Redes de Petri e suas Propriedades.....	29
3.3.1 Redes livres de bloqueio.....	31
3.3.2 Redes vivas e quase vivas.....	31

3.3.3	Redes reinicializáveis .....	31
3.3.4	Marcação / Estado de recepção .....	31
3.3.5	Redes k-limitadas .....	32
3.3.6	Invariantes de lugar .....	32
3.3.7	Invariantes de transição.....	32
3.4	Redes de Petri de Alto Nível .....	32
3.4.1	Redes de Petri coloridas .....	33
3.4.2	Redes de Petri com extensão do tempo .....	35
3.5	Mapeamento de estruturas básicas de workflows em RdP.....	37
3.6	<i>Workflow-net</i> (WF-Nets) .....	40
3.7	Análise .....	43
3.7.1	Alcançabilidade ( <i>Reachability</i> ) .....	43
3.7.2	Vivacidade ( <i>Liveness</i> ) .....	44
3.7.3	Reversibilidade.....	44
3.7.4	Limitação ( <i>Boundness</i> ) .....	44
3.7.5	Soundness .....	45
3.8	Considerações Finais .....	45
4	Capítulo IV - Metodologia Proposta para Realização da Modelagem dos Processos de Negócio .....	47
4.1	Introdução.....	47
4.2	Estudo de Caso.....	48
4.3	Modelagem Através de Fluxograma – Pesquisa Documental ...	50
4.4	Modelagem Através de Redes de Petri.....	53
4.5	Considerações Finais .....	55
5	Capítulo V – Aplicação do Modelo na análise dos processos de negócio.....	56

5.1 Introdução.....	56
5.2 Ferramentas.....	56
5.3 Simulação e Análise do Modelo .....	59
5.4 Considerações Finais .....	63
6 Capítulo VII – Conclusões .....	64
7 Referências Bibliográficas .....	67

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1 – Estrutura do Trabalho
- Figura 2.1 – Ciclo de vida do gerenciamento do processo
- Figura 2.2 – Descrição da Atividade
- Figura 2.3 – Fases e componentes de um sistema de negócios.
- Figura 2.4 – Relacionamento de elementos de processo de negócio e workflow
- Figura 2.5 – Fases e estruturas BPM e workflow
- Figura 2.6 – Verificação do processo
- Figura 2.7 – Abordagem metodológica da teoria de simulação
- Figura 2.8 – Ciclo de desenvolvimento
- Figura 3.1 – Uma Rede de Petri simples
- Figura 3.2 – Rede de Petri colorida
- Figura 3.3 – Rede de Petri Temporizadas
- Figura 3.4 – Representação de blocos or e and
- Figura 3.5 – Representação de blocos or e and
- Figura 3.6 – Representação de Seleção
- Figura 3.7 – O processo de gerenciar reclamação
- Figura 3.8 – Exemplo de Workflow-net
- Figura 3.9 – Estrutura de uma tarefa
- Figura 4.1 – Fluxograma do processo de vendas
- Figura 4.2 – Processo de vendas modelado em redes de Petri
- Figura 5.1 – Referência de arquitetura para ferramentas de TI aplicáveis ao BPM
- Figura 5.2 – Ferramenta INCOME
- Figura 5.2 – Comparativo de Modelos em Fluxograma e Redes de Petri
- Figura 5.4 – Resultado da Análise do Modelo de Processo de Vendas através da ferramenta Woped
- Figura 5.5 – Resultado da Análise do Modelo de Processo de Vendas através da ferramenta Woflan
- Figura 5.6 – Resultado da Análise do Modelo de Processo de Vendas – Woped Capacity Planning

## GLOSSÁRIO

- BAM – Business Activity Monitoring
- BI – Business Intelligence
- BPEL – Business Process Execution Language
- BPM – Business Performance Management
- BPM – Business Process Management – uso da sigla BPM nesta dissertação
- BPM – Business Process Modeling
- BRE – Business Rules Engine
- BSC – Balanced Scorecard
- CEP – Controle Estatístico de Processo
- CRM – Customer Relationship Management
- ECM – Enterprise Content Management
- EPC – Event-driven Process Chain
- ERP – Enterprise Resource Planning
- GED – Gerenciamento Eletrônico de Documentos
- IDEF – Integration Definition for Function Modeling
- ODBC – Open Database Connectivity
- PDCA – Plan, Do, Control and Action
- PERT – Program Evaluation and Review Technique
- SMTP – Simple Mail Transfer Protocol
- TI – Tecnologia da Informação
- UML – Unified Modeling Language
- RdP – Redes de Petri
- WF-Net – Workflow-Net
- WfMC – Workflow Management Coalition
- XML – eXtensible Markup Language
- XPDL – XML Process Definition Language

## Resumo

Para que as organizações possam um melhor conhecimento e gerenciamento de seu negócio é apresentado neste trabalho, o desenvolvimento de uma modelagem baseada em formalismos oriundos das Redes de Petri (RdP). A descrição do conhecimento da empresa através de modelos formais baseados em RdP permite o suporte na concepção de um sistema de gestão de processos de negócio.

O uso de métodos formais oriundos dos sistemas a eventos discretos garante um rigor matemático nas representações dos processos. As RdP fornecem, além deste rigor, uma representação gráfica simples facilitando tanto a criação, quanto a interpretação do que está sendo modelado. Algumas extensões da RdP, como as RdP Coloridas e as *Workflow-nets* (*WF-nets*), permitem uma organização adequada e uma representação dinâmica da informação dos processos. A *WF-net* é uma extensão da rede de Petri com propriedades específicas para os processos de modelagem *workflow*.

Com o formalismo disponibiliza-se uma análise do processo e não apenas do fluxo do processo e acredita-se que há um grande campo de aplicação a ser explorado. Através do modelo formal, puderam-se investigar algumas propriedades e verificações, como por exemplo, que o processo de negócio dispense maior tempo em um “tempo de espera”, seja espera em um processo interno ou externo, sendo este o maior motivo para o processo ter um longo período para sua finalização.

Com este estudo foi possível identificar um sistema de gestão de processos de negócio dispondo uma visão holística para a organização através da modelagem formal de seus processos. Este trabalho contribui para que aos gestores realizem um planejamento e formulem estratégias, tornando a organização cada vez mais competitiva em sua área de atuação.

*Key Words:* Processo, gestão, modelagem formal, Redes de Petri.

## Abstract

In order to improve the knowledge acquirement and corporations management skills. This work presents the development of a modeling methodology based on the formalisms issue from discrete events systems. The description of the company's knowledge through formal models based on Petri nets (PN) gives support to the modeling, analysis and diagnosis of business processes management.

The use of formal methods based on discrete events systems guarantees a mathematical rigor in the process representation. Petri nets allow, besides this rigor, a simple graphical representation making it easier to create and interpret what is being modeled. Some extensions of PN such as Colored PN and Workflow-nets (WF-nets), allow an appropriate organization and a dynamic representation of information procedures. The WF-net is an extension of the network of Petri Net with specific properties for modeling workflow processes.

This formalism provides an analysis of the process and not only the flow of the process and it is believed that there is a large field of application to be explored. Through the formal model, could itself investigate some properties and verification, for example, the business process spend time meanly in a "time of waiting," and be it also in a process internal or external, and this is the biggest reason for the process spends takes a long period be concluded.

In this study it was possible to identify a system for managing the business processes having a holistic vision for the organization through the formal modeling of their processes. This work contributes to the managers hold a planning and formulate strategies, making the organization more competitive in their area of expertise.

*Key Words:* Process, management, formal model, Petri Nets.

## 1 CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

Recentemente, avanços foram feitos em termos de notações, técnicas e ferramentas de modelagem motivando estudos mais aprofundados sobre a modelagem de negócio nas empresas. Soma-se a isso, uma maior pressão pelo entendimento e melhoria dos negócios nas empresas, o que tem aumentado a motivação para sua modelagem. As instituições estão conscientes da importância do conhecimento dos seus próprios negócios e da necessidade da permanência desse conhecimento dentro da organização para uso futuro [GONÇALVES, 2000].

É possível entender a modelagem de negócio como sendo um mapeamento dos diversos processos existentes em uma empresa, buscando neste mapeamento, uma melhor visão e a melhoria dos processos existentes na organização. Apesar da importância desse mapeamento para o entendimento e melhoria contínua dos serviços internos e externos, ele não é realizado com frequência nas empresas [NOGUEIRA, 2003]. O motivo para isso ocorrer pode ser atribuído às dificuldades do uso das ferramentas disponíveis para esse fim e dos poucos recursos que elas disponibilizam, tornando-as de pouca utilidade. Depois dos processos serem mapeados, os resultados são de difícil compreensão tanto por usuários como por engenheiros de softwares e desenvolvedores. Assim, nota-se que ao objetivo inicial da realização de modelagem (que era apenas o de documentar), adicionam-se outros objetivos como, por exemplo, objetivos ligados à análise dos modelos.

Muitos gestores não possuem um controle ou conhecimento apropriado de seus processos de negócios. Uma das principais dificuldades para entendimento do funcionamento de processos de negócio é a complexidade envolvida, sendo uma das razões para esse problema a falha de visibilidade dos processos relacionados com cada negócio. A fase inicial do desenvolvimento da modelagem apresenta diversas dificuldades. Entre essas dificuldades, uma das maiores está na transformação do conhecimento abstrato em informações explícitas, a fim de permitir que sejam feitas as especificações da representação a ser realizada. É nessa fase que há maior incidência de erros nos projetos [KINTSCHNER, BRESCIANE, 2004; MINTZBER, QUINN, 2001].

Mesmo com uma documentação dos processos em forma de papéis ou arquivos eletrônicos de texto, a interpretação ou o conhecimento global de um negócio de maior

amplitude pode ser uma tarefa complexa. É possível se somar a essa situação, a rotatividade do quadro de pessoal, além da participação de terceirizados, levando a uma baixa sintonia entre os funcionários e, conseqüentemente, dificuldades na definição e formalização dos processos e recursos.

Para que análises e inferências sobre os processos de negócio possam ser conclusivas, a proposta que será apresentada neste trabalho consiste na aplicação de um método formal advindo dos sistemas a eventos discretos (SED) como base para a modelagem [CHANDRA et al, 2003]. Faz-se necessário o uso de métodos formais para garantir um rigor matemático nas representações dos processos. Entre os principais métodos SED, têm-se as Redes de Petri (RdP), com uma representação gráfica simples, a qual facilita tanto a criação, quanto a interpretação do que está sendo modelado [AALST 2000].

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Para conseguir boa margem de lucro no ramo de negócio, consultores e empresários caminham para uma espécie de especialização generalizada, ou seja, para a procura de um conhecimento global e integrado da empresa. A constante busca de custos mais baixos, a entrada de produtos do mercado estrangeiro, a forte concorrência do mundo globalizado, faz com que seja necessário um estabelecimento de melhorias contínuas para se manter forte e permanecer no mercado.

Assim, surgiu o Gerenciamento de Processo de Negócios (*BPM*). A habilidade para mudar o processo passa a ser mais relevante do que a habilidade para criá-lo, pois ela gera as condições para que toda a cadeia de valor possa ser monitorada, continuamente melhorada e otimizada [SMITH & FINGAR, 2003]. Várias pesquisas de mercado têm apontado o *BPM* como sendo de interesse das empresas, em geral como forma de resolver ou contribuir de maneira acentuada na solução de uma série de problemas organizacionais. Com o *BPM*, a transformação das organizações deixa de ser uma arte imprecisa e de resultados imprevisíveis, tornando-se uma disciplina administrativa e de engenharia, com indicadores predefinidos, mas alteráveis.

Este trabalho vem apresentar uma integração entre duas áreas de estudo, sociais aplicadas e exatas. Este envolvimento de duas visões, de um lado o humano e de outro o técnico, busca contribuir para a concepção de um estudo formal da gestão dos processos de

negócios, avaliando administrativamente os processos e modelando-os através dos formalismos dos sistemas a eventos discretos (SED).

Devido à carência que esta abordagem possui, para que se trabalhe de uma forma integrada com a gestão organizacional [GARVIN, 1998], motivado por este contexto, propõem-se neste trabalho uma modelagem baseada em RdP, que permitirá além da formalização do conhecimento, a simulação e diagnóstico dos processos de negócio. Tal formalismo permitirá uma visão holística da empresa através da compreensão dos mecanismos de execução e iteração dos processos, bem como da forma de utilização e escalonamento dos recursos.

O uso de métodos formais oriundos dos sistemas a eventos discretos garante um rigor matemático nas descrições dos processos. As RdP fornecem, além deste rigor, uma representação gráfica simples facilitando tanto a criação, quanto a interpretação do que está sendo modelado.

Abrindo-se a possibilidade da identificação e simulação de diferentes cenários, a organização irá trabalhar com maior profundidade para uma melhoria contínua. Tal melhoria sendo baseada, por exemplo, na observação da ausência ou excesso de recursos e na identificação de baixo desempenho ou falhas no fluxo lógico dos processos.

## 1.2 OBJETIVO DE PESQUISA

O objetivo principal deste trabalho será o desenvolvimento de uma modelagem de processos de negócio baseada em formalismos oriundos das Redes de Petri. A modelagem irá estruturar os processos dispondo de uma organização com uma visão holística do seu negócio. O desdobramento deste objetivo geral resulta nos seguintes objetivos específicos, como mostra o Quadro 1.1:

- Modelagem dos processos através do mapeamento do conhecimento existente
- Análise quantitativa e qualitativa para diagnóstico e verificação de desempenho dos processos.

Com uma visão holística da organização e baseado em análises sobre os modelos obtidos, será possível identificar as áreas com inabilidades em seu processo, evadindo o desperdício de recursos e possibilitando a apreensão de que determinados processos não estão sendo executados com as melhores técnicas.

Com a modelagem, desdobram-se objetivos específicos de pesquisa no suporte a gestão dos processos:

- Busca e mapeamento do conhecimento disponível na empresa com base em uma abordagem de processos;
- Tradução deste conhecimento em modelos formais;
- Com base nos modelos obtidos, analisar adequadamente os processos para atender as necessidades da organização;
- Assegurar que clientes, usuários e desenvolvedores tenham um entendimento comum das áreas da organização, ou seja, a visão holística da organização;
- Compreender os problemas existentes na organização e identificar formas de solucionar ou reduzi-los.
- Preocupação na utilização e integração dos modelos criados em ambientes de execução (*workflow*) e monitoramento de processos para fins de auditoria ou avaliação.

Desta forma, os gestores poderão verificar as vantagens e desvantagens de uma representação formal, avaliando-se o desempenho das RdP na modelagem e avaliação dos processos de negócios;

Objetivo Geral		O objetivo principal da pesquisa é modelar todos os processos de negócio existentes na empresa					
Objetivos Específicos (OE)	Desdobramento	Procedimento	Material	Evidência	Resultado	Validação	Participante
<b>OE 1: Apresentação da Solução</b>							
Identificar todos os processos de negócio existentes na organização	Identificar a estrutura adotada pela organização para definição de seus processos de negócio (organograma, recursos)	Pesquisa Documental	Procedimento da Organização	Relatório dos procedimentos	Documentação do processos existentes	Confiabilidade	Pesquisador+ Procedimento
	Análise dos procedimentos existentes na organização	Pesquisa Documental	Procedimento da Organização	Relatório dos procedimentos	Documentação do processos existentes	Confiabilidade	Pesquisador+ Procedimento
	Identificar quais influências os processos geram em relação a gestão organizacional	Pesquisa Documental	Procedimento da Organização	Relatório dos procedimentos	Documentação do processos existentes	Confiabilidade	Pesquisador+ Procedimento
<b>OE 2: Modelagem Formal dos Processos de Negócio</b>							
Modelagem dos processos utilizando Redes de Petri	Mapear os processos	Documentar	Software	Simulação da Modelagem	Modelagem de processos	Análise dos Resultados	Pesquisador
<b>OE 3: Implementação da Modelagem Formal dos Processos de Negócio</b>							
Implementar a modelagem formal, analisando através do indicador seus resultados	Simulação da Modelagem	Identificar Ferramenta	Software	Simulação da Modelagem	Modelagem de processos	Análise dos Resultados	Pesquisador
<b>OE 4: Análise da Performance da Modelagem Formal</b>							
Identificar um indicador para análise da performance da modelagem formal dos processos	Adotar um indicador que avalie a real performance da modelagem	Pesquisa	Benchmarking Referências Bibliográficas	Indicador de Performance	Gráfico	Análise dos Resultados	Pesquisador

Quadro 1.1 – Objetivos da pesquisa

### 1.3 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

O planejamento seguirá através de pesquisas bibliográficas sobre as palavras-chaves, através de artigos, livros, dissertações de forma para que a pesquisa tenha maior consistência de seus dados expostos. Nestes casos devem-se observar sempre a origem da informação obtida, quanto a sua confiabilidade e também atualidade, aplicabilidade e validade.

- Analisar a confiabilidade da informação (origem)
- Analisar a Atualidade dos conteúdos
- Visualização: organização ideal X organização real
- Poder servir como auxílio a outras coletas de informação
- Mais profundas e específicas que o levantamento prévio

Neste trabalho, a pesquisa bibliográfica ressaltará os temas relacionados aos processos de negócios e as Redes de Petri. Para uma fundamentação teórica, este trabalho procurou as seguintes abordagens:

- No mapeamento dos processos, objetivando para que os gestores tenham uma melhor visão dos processos organizacionais,
- Na iteração entre os recursos organizacionais e o modelo do processo,
- Propostas do pesquisador Wil van der Aalst, focando a modelagem dos processos de negócio através do formalismo das Redes de Petri e,
- Na simulação dos processos de negócios com a utilização das ferramentas Woped e Woflan.

Para um melhor desempenho deste estudo e contribuição para a modelagem do processo de negócio, realiza-se a integração das seguintes abordagens:

- Processos de negócios,
- Workflow,
- Redes de Petri
- Workflow-net
- Utilização de ferramentas para modelagem.

## 1.4 ORGANIZAÇÃO

Esta dissertação está organizada como segue (figura 1.1):

No capítulo II revisam-se os principais trabalhos existentes na área de administração, processos de negócios e *workflow* (WF).

No capítulo III apresenta-se o formalismo das RdP, suas propriedades, estruturas básicas dos mecanismos de *workflow*, definição do *Workflow-Net* (WF-net), que servirão de base para a realização da modelagem dos processos de negócio.

No capítulo IV, baseado na abordagem desenvolvida nos capítulos anteriores, será realizado um estudo de caso em uma empresa do ramo automotivo, aplicando-se uma metodologia de mapeamento e modelagem um processo de vendas.

No capítulo V, é realizada a aplicação do modelo.

Finalmente, no capítulo VI apresentam-se as principais conclusões do trabalho e as sugestões de pesquisa futuras.

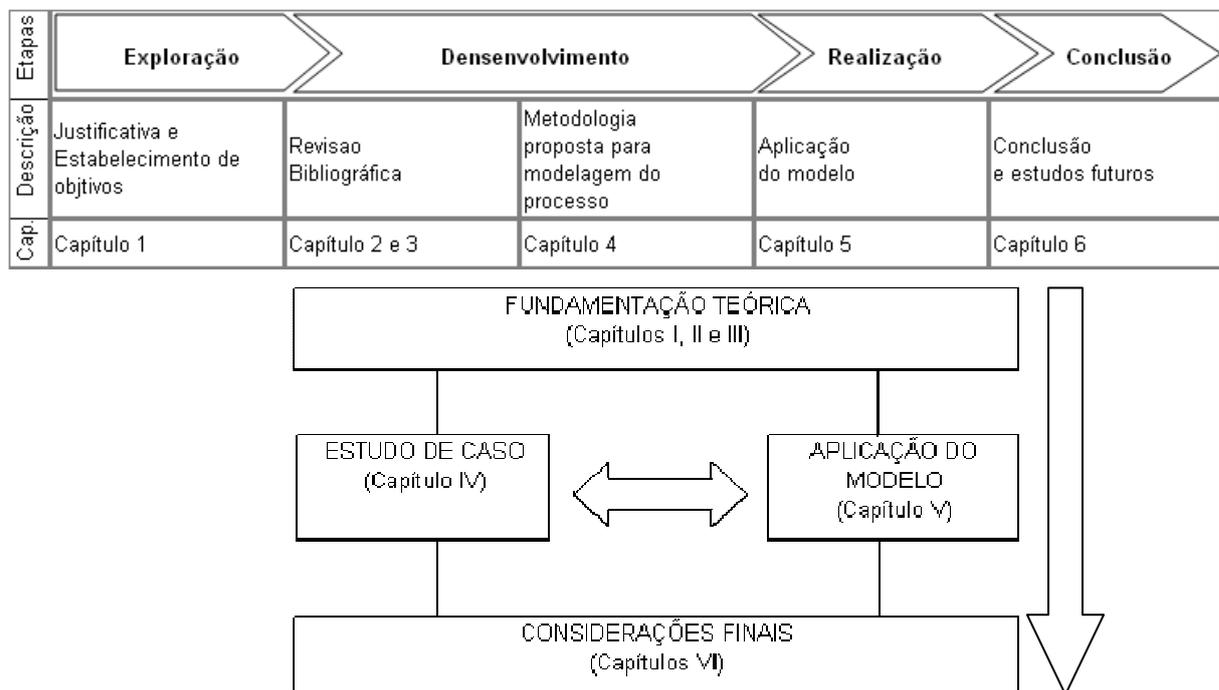


Figura 1.1 – Estrutura do Trabalho

## 2 CAPÍTULO II – ABORDAGENS DE GESTÃO ORGANIZACIONAL E PROCESSOS DE NEGÓCIO

### 2.1 INTRODUÇÃO

Os processos na área fabril são fáceis de observar, independentemente de estar em períodos de bom funcionamento ou na ocorrência de problemas, pois estes processos industriais sempre tiveram seu desempenho acompanhado de perto por engenheiros ou técnicos da área industrial. Nestes processos o desperdício e o retrabalho são claramente identificáveis, e o fluxo do material é tão importante que os equipamentos e equipes de trabalho podem estar dispostos ao longo dele.

Durante os anos 70 e 80, a busca de aperfeiçoamento na qualidade dos produtos deu origem ao primeiro grande movimento de análise intensiva dos processos, dentro de programas de racionalização do trabalho inspirados no sucesso das indústrias japonesas. Os processos típicos da área não fabril e das empresas que não têm área fabril, no entanto, passaram despercebidos por décadas.

O mundo dos negócios, fortemente amparado e alavancado pela Tecnologia da Informação (TI), estão tornando-se cada vez mais competitivo e volátil; as operações são realizadas por meio de redes eletrônicas de informações, de maneira extremamente rápida, exigindo das organizações visão estratégica muito apurada, flexibilidade em sua estrutura organizacional e processos cada vez mais ágeis, com qualidade e competitividade [D'ASCENÇÃO, 2001]. Os processos de negócio são ligados à essência do funcionamento da organização, sendo específicos da empresa em que operam e, conseqüentemente, diferentes de uma organização para outra [REZENDE, ABREU, 2003].

A implementação do *BMP* segundo Davenport [1994] fez parte do sucesso das empresas japonesas nas décadas de 80 e 90, muito antes das empresas ocidentais entenderem a que o assunto se referia, ganhando vantagem com relação às suas concorrentes americanas. A importância dada ao gerenciamento de processos por muitas empresas na cultura corporativa japonesa garantiu que, em diversas ocasiões, tenham desenvolvido processos rápidos e eficientes em áreas-chave como desenvolvimento de produtos, logística, vendas e

comercialização.

Neste capítulo serão apresentados os conceitos para a compreensão da realização do mapeamento dos processos de negócio. O mapeamento será contextualizado dentro do ciclo de vida [Figura 2.1] completo de um processo de negócio dentro da organização.

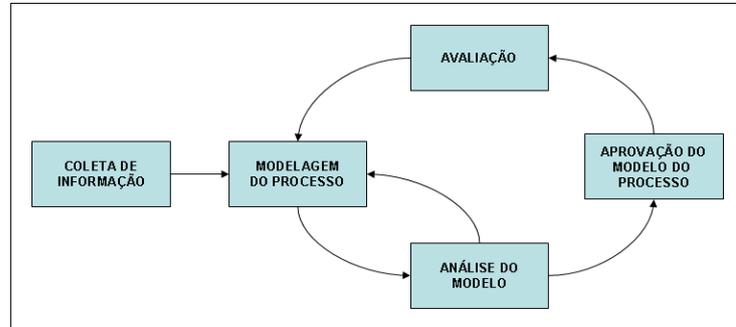


Figura 2.1 – Ciclo de vida do gerenciamento do processo

## 2.2 A ADMINISTRAÇÃO CIENTÍFICA

A teoria geral da administração (TGA) iniciou-se dando ênfase nas tarefas, com a administração científica de Taylor. A seguir, a preocupação básica passou para a ênfase na estrutura com a teoria clássica de Fayol e com a teoria burocrática de Weber, seguindo-se mais tarde a teoria estruturalista. A reação humanística surgiu com a ênfase nas pessoas, por meio da teoria comportamental e pela teoria do desenvolvimento organizacional. A ênfase no ambiente surgiu com a Teoria dos Sistemas, sendo completada pela teoria da contingência, posteriormente, desenvolveu a ênfase na tecnologia. Cada uma destas cinco variáveis que foram se desenvolvendo no passar dos tempo (tarefas, estrutura, pessoas, ambiente e tecnologia) provocou em seu tempo uma diferente teoria administrativa, marcando um gradativo passo no desenvolvimento da TGA. Cada teoria administrativa procurou privilegiar ou enfatizar uma dessas cinco variáveis, omitindo ou relegando a um plano secundário todas as demais.

Originada pelas necessidades de eficiência resultantes do intenso surto industrial do final do século XIX e começo do século XX, surgiu uma concepção racionalizadora de administração – a Administração Científica, proposta por Frederick Winslow Taylor (1856-1915). A teoria que conquistou inúmeros seguidores, de tal forma que o nome do seu autor serviu para designar uma corrente de pensamento, apresentava despreocupação com a vertente humanista e psicológica nas organizações, vendo-as igualmente como sistemas fechados, sem

ligações com o meio envolvente que não as puramente comerciais.

Dedicou-se ao estudo dos processos laborais, incidindo a sua observação sobre as tarefas dos operários, no nível mais baixo da pirâmide organizacional, com o objetivo de evitar movimentos desnecessários, e assim tornar mais barato o produto industrial.

Para Taylor, a máxima eficiência seria possível desde que às empresas programassem uma organização científica do trabalho; o autor procurava então a eliminação do empirismo, da negligência e da irracionalidade, preconizando um estudo aprofundado e sistemático de todos os aspectos que correspondiam à execução de cada tarefa. Deste modo, ao procurar extinguir todas as atitudes arbitrárias por parte das chefias e também alguma margem de manobra de que os operários usufruíam, entendia Taylor ser possível um aumento da produtividade e da rentabilidade das empresas. Foi através das suas construções racionais neste sentido que chegou aos Princípios de Administração Científica, a seguir apresentados (1965):

- Princípio do planeamento: traduz a necessidade de serem criados pelos órgãos superiores de gestão, métodos científicos para o estudo dos processos de trabalho, eliminando-se assim o empirismo e atitudes discricionárias das chefias intermédias, e por outro lado a indolência sistemática dos operários. O planeamento permitirá aplicar a ciência no processo de trabalho.

- Princípio da preparação: defende a seleção de cada operário de acordo com as suas aptidões específicas. Em seguida, aquele deverá ser instruído, por forma a adquirir o máximo potencial de desenvolvimento.

- Princípio do controle: propõe o controle sistemático dos operários por parte dos supervisores funcionais, no sentido de verificar se o seu trabalho é cumprido rigorosamente, segundo as regras previamente definidas pela direção.

- Princípio de separação entre concepção e execução do trabalho: cabe às chefias máximas da organização, com base nos seus conhecimentos sobre o processo científico de trabalho, concebê-lo nas diversas vertentes possíveis; pelo contrário, aos operários pede-se apenas o dispêndio de energias físicas para a execução das várias tarefas. Aos membros da direção compete à concepção do processo de fabrico e o estudo de métodos racionais de gestão, traduzidos na divisão do trabalho estandardizada e especializada; aos subalternos, sem conhecimentos científicos que lhes permitam conceber o processo de laboração, caberá cumprir ordens e executar tarefas pré-definidas pelos órgãos de chefia.

Com a TGA, é possível notar que, desde o início da administração científica, havia uma busca para a não ocorrência de desperdícios em todos os seus processos. A modelagem de processos permite aos profissionais do negócio e de tecnologia da informação definir graficamente os processos de negócio, seus fluxos, regras e características.

Para que haja uma melhoria contínua dentro da organização, motiva-se realizar uma modelagem formal dos processos de negócios. Através desta modelagem será visualizada a relação entre os princípios citados por Taylor e o formalismo das RdP, por meio de uma visão formal de conceitos como processos, atividades, função, recursos, regras e fluxos de processos.

Sendo esta a motivação, a junção real das áreas sociais aplicadas e exatas com a modelagem formal dos processos existentes utilizando as RdP, obtém-se uma representação gráfica dos processos e possibilidade de análises de propriedades e desempenho dos processos. Torna-se este trabalho eficiente na medida em que os gestores consigam realizar uma melhor análise de seu negócio em busca do objetivo final da empresa, a lucratividade.

### 2.3 PROCESSOS DE NEGÓCIO

Os processos de negócio e seus projetos ganharam importância desde o início dos anos 90, sendo qualquer atividade ou conjunto de atividades que envolvem pessoas, procedimentos e tecnologias. Processo é qualquer atividade que recebe uma entrada (*input*), agrega valor e gera uma saída (*output*) para um cliente interno ou externo, fazendo uso dos recursos da organização a fim de gerar resultados concretos. Vem da tradição da engenharia a idéia de processo como um fluxo de trabalho, com *inputs* e *outputs* claramente definidos, e tarefas discretas que seguem uma seqüência e que dependem umas das outras numa sucessão clara [GOLANI, GAL, 2005; SPECHT, et al, 2005; NEIGER, CHURILOV, 2004; HAQUE, PAWAR, BARSON, 2003; HOLD, 2000].

Um processo de negócio é um conjunto de atividades relacionado com o objetivo essencial da organização - entregar um produto ou um serviço ao Cliente. O desenvolvimento de um novo produto, o atendimento de uma solicitação de um cliente, ou a compra de materiais são exemplos de processos. Os processos de negócio são tipicamente avaliados do ponto de vista do Cliente, dos Colaboradores e dos Investidores. Assegurar que os processos de negócio ocorram de forma regular é necessário para maximizar o valor agregado percebido

pelos Clientes.

Gerir processos de negócio eficientemente é crítico para o sucesso da organização. No entanto, geri-los é mais complicado do que poderia parecer à primeira vista, fundamentalmente porque não estão isolados e porque interagem entre si.

Quanto mais gerenciados forem os seus processos, maior é o potencial para que eles tragam os benefícios e resultados planejados pela empresa. Para assegurar a gestão efetiva e a melhoria contínua dos seus processos de negócio, é necessário considerar os seguintes aspectos críticos:

- Seus objetivos devem ser claros e mensuráveis,
- É essencial assegurar um forte compromisso por parte dos gestores e dos colaboradores da organização,
- Seus colaboradores são fontes valiosas de informação e conhecimento, e o seu envolvimento facilita a criação do compromisso necessário e a aceitação das mudanças propostas. O que se denomina de Ambiente Organizacional e,
- A comunicação ajuda a criar a Ambiente Organizacional e o compromisso dos colaboradores, bem como a definição dos objetivos a serem atingidos.

Construir um modelo orientado a processos pode resolver diversos problemas que normalmente tendem a estar ocultos em um modelo funcional tradicional. O desenho de um modelo de processos permite aos colaboradores compreenderem a visão global da organização e qual a sua colaboração na organização.

A construção desse modelo requer trabalho em equipe, de forma a assegurar que todo o conhecimento disponível será utilizado.

Um modelo simples pode conter elementos tão específicos como atividades, etapas e tarefas de um processo, funções ou áreas organizacionais, máquinas ou outra informação. Um modelo mais elaborado pode conter competências (conhecimento e habilidades), riscos e contingências sobre problemas potenciais nos processos de negócio, cenários para absorção de idéias para melhorias e outros comentários.

A gestão de processos realizada de forma eficaz melhora a capacidade de uma organização antecipar, gerir e responder às mudanças no mercado e a maximizar as oportunidades empresariais. A gestão de processos adequada pode também reduzir as insuficiências e os erros resultantes de uma redundância de informações e ações empresariais.

Com a gestão orientada a processos, permite compreender como de fato produtos e

serviços são criados na organização, à medida que mostra claramente os problemas, “gargalos” e ineficiências que em uma organização tradicional seriam mais difíceis de identificar. A Gestão de Processos ajuda as organizações em:

- Reduzir tempos de ciclos dos processos,
- Diminuir custos,
- Melhorar a eficiência e eficácia interna,
- Melhorar a qualidade do trabalho desenvolvido,
- Aumentar a satisfação dos Clientes, Colaboradores e Investidores.

Dentro das organizações, os processos de negócio são compostos por uma série de ações e operações com um determinado objetivo. Estas ações que podem ser humanas ou automáticas sendo necessárias para a organização desenvolver um determinado produto ou serviço.

Os processos de uma organização podem ser classificados em produtivo e empresarial [HARRINGTON,1993]:

a) Processo produtivo é aquele que entra em contato físico com o produto ou serviço que será fornecido a um cliente externo até, por exemplo, o ponto de embalagem.

b) Processo empresarial constitui-se de todos os processos que geram serviços e os que dão apoio aos processos produtivos fazendo uso dos recursos da organização para gerar resultados definidos em apoio aos objetivos da mesma.

Segundo Harrington [1993] os processos são macro conjuntos ou macroprocessos, e que estão divididos em sub-processos, atividades, procedimentos e tarefas, com as respectivas definições a seguir:

- Sub-processo – é o conjunto de atividades correlacionadas, que executa uma parte específica do processo, do qual recebe insumos e para o qual envia o produto do trabalho realizado por todas as demais atividades;

- Atividade – é o conjunto de procedimentos que deve ser executado a fim de produzir determinado resultado. A execução de uma tarefa ou a ação realizada por uma pessoa ou uma máquina; é a atividade realizada por ela. Uma atividade pode ser tratada como um processo para obter um produto em particular ou um resultado que corresponderá às exigências de uma tarefa e dos seus objetivos [BEDNY et al, 2000; 2004]. Uma atividade irá possuir um nome, um *input*, os quais poderão ser materiais, equipamentos e outros bens tangíveis, também poderá ser informações e conhecimentos, e um *output*. Seu controle e suas

características são apresentados conforme Figura 1 [LORINO, 2000];

- Procedimentos – podem ser formais e informais. Formais é o conjunto de informações que indica para o responsável da atividade como, quando e com o que ela deve ser executada. Informais é o conjunto de práticas não escritas que o ocupante de um posto incorpora à realização de seu trabalho;

- Tarefas – é a menor parte realizável de uma atividade e o seu conjunto compõe os procedimentos inerentes a cada atividade.

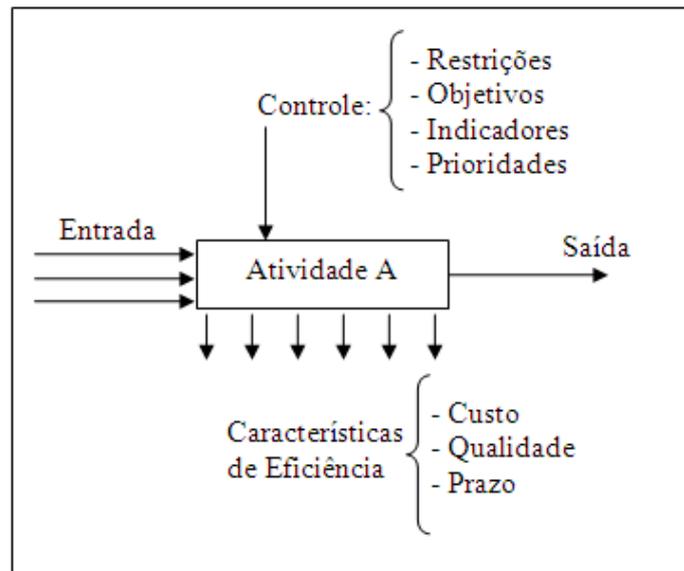


Figura 2.2: Descrição da Atividade [LORINO, 2000]

Segundo Harrington [1993] mais de 80% dos processos empresariais realizados diariamente por uma empresa são repetitivos e estes devem ser controlados de forma análoga aos controles aplicados aos processos produtivos.

Apesar da característica da repetibilidade destes processos, isto não confere a eficácia na sua execução e nem eliminam os erros e falhas existentes nos mesmos, pois geralmente envolvem mais de um departamento e cada um deles se encarrega unicamente de desenvolver a atividade que lhe compete.

Sem a visão sistêmica da realização dos processos, as unidades departamentais negligenciam o resultado dos mesmos, desenvolvendo suas atividades isoladamente sem se preocuparem com a saída que será repassada para outras unidades. O gerenciamento de processos procura entender as funções de cada departamento, propondo uma parceria e

proporcionando um comprometimento direto entre seus clientes e fornecedores internos e externos, melhorando a integração horizontal da mesma por meio dos processos.

Com esta visão sistêmica da empresa, de clientes e fornecedores internos e externos, torna-se possível à aplicação de controle aos processos empresariais, promovendo sua integração e melhoria. A modelagem formal mostra-se como uma ferramenta de apoio no processo de mapeamento do conhecimento, análise e diagnóstico, fases estas iniciais à implementação do sistema de gerenciamento de processos de negócio.

O aperfeiçoamento de processos pressupõe o desenvolvimento do mesmo, consistindo em enxugar os excessos e desperdícios existentes. Medidas como eliminação da burocracia, da duplicidade, programar modernização, utilizar-se de linguagem simples nas comunicações e de tecnologias constituem métodos específicos e comprovados para aperfeiçoar o processo de forma planejada e organizada [HARRINGTON,1993].

A habilidade em simplificar um processo desse tipo, de forma eficiente e flexível, é o fator de sucesso mais difícil de ser alcançado atualmente pelas companhias. T

al dificuldade criou a necessidade de desenvolver e lidar com técnicas e ferramentas adequadas para identificar, analisar e simular processos de negócios, sendo a estrutura organizacional extremamente volátil em razão das constantes mudanças nas regras dos negócios [PADUA, et al., 2004].

Nesta visão coesa e integrada da gestão dos processos da organização, surgem novos desafios e propósitos para atender as mudanças que são apresentadas nas regras dos negócios para as tradicionais áreas ou departamentos funcionais da empresa. Cada vez mais devem deixar sua postura isolada e procurar contribuir efetivamente na formação de linguagens comuns com outras áreas, em especial naqueles processos em que atuam conjuntamente. Neste sentido, podem ser mencionados os efeitos sobre as seguintes áreas funcionais:

- Finanças: enfrentando cada vez mais o desafio de contabilizar ou medir também os recursos intangíveis (conhecimentos) presentes nos processos de negócios empresariais;
- Recursos Humanos: trabalhando cada vez mais em fatores tais como a liderança, cultura corporativa, relações inter-funcionais e gestão por competências;
- Qualidade: focando cada vez mais nos processos empresariais, do fornecedor até a entrega ao cliente, e também com a busca do conhecimento externo à empresa pelo aprimoramento dos procedimentos de *benchmarking* de melhores práticas;

- Tecnologia da Informação: implementando nos processos de negócios as novas ferramentas de TI, levando-se em consideração a visão estratégica que a empresa emprega nestes temas e os aspectos humanos e comportamentais ligados ao uso destas ferramentas;

- Engenharia: pela visão do desenvolvimento de produtos como um processo coordenado pelo uso da engenharia simultânea, que, por meio do envolvimento de pessoas de diferentes áreas funcionais, do envolvimento de clientes no projeto e da realização de experimentações, contribui com as atividades ligadas à formação de competências centrais da empresa, para a criação de novos conhecimentos e inovações;

- Manufatura ou fabricação: contribuindo com mais espaços de conversão de conhecimentos tácito / explícito, mediante oportunidade dada por recursos como a produção enxuta, que incentiva o agrupamento de visões diferentes para a análise e solução de problemas da produção;

- Marketing: trabalhando de forma mais abrangente com as fontes de conhecimentos externos à empresa, por meio da mudança de foco que incorpora, além dos retratos da realidade atual (pesquisas de mercado convencionais), o desenvolvimento de sofisticados mecanismos de construção de cenários para analisar tendências futuras;

- Vendas e serviços: criando diversos espaços de incorporação de conhecimentos externos à empresa, com a acumulação de dados e informações sobre os clientes em tempo real, que depois podem ser trabalhadas por ferramentas de TI voltadas à construção de conhecimentos mediante análises estatísticas e cruzamentos destes dados e informações.

Com a modelagem destes processos, será possível visualizar as atividades de cada área, quais as relações que possuem e conseqüentemente quais melhorias podem-se buscar. A implementação coordenada de todos os aspectos que sustentam uma bem-sucedida gestão, cria uma vantagem competitiva flexível e de difícil imitação, pois está enraizada na empresa, e não somente em recursos físicos, rígidos e mais facilmente imitáveis pelos concorrentes. Esta vantagem competitiva se manifesta mais notoriamente de duas formas: a relação do conhecimento com a capacidade de inovar da empresa e a preparação e flexibilidade que esta possui para aprender rápido, reagindo assim favoravelmente às mudanças cada vez mais freqüentes no ambiente de mercado em que atua.

O mapeamento dos processos poderá ser realizado através da combinação de vários "minimaps" de conhecimentos que cada colaborador possua, juntamente com procedimentos e documentos existentes. Estas informações podem ser obtidas utilizando-se de questionários

para perguntar aos colaboradores quais conhecimentos eles têm e onde obtêm os conhecimentos necessários para realizar seu trabalho. Mapear quem conhece o que na organização resulta em um inventário de conhecimentos valiosos, mas isso não significa a garantia de disponibilidade do conhecimento, já que este aspecto está sujeito às regras de mercado mencionadas anteriormente [D`ASCENÇÃO, 2001].

A dinâmica de consultar a memória organizacional com as facilidades e interatividade permitida pela tecnologia proposta, fazer uma análise do conteúdo consultado, procurar as pessoas ou conhecimentos registrados e, em seguida, tomar decisões com base nesses conhecimentos e documentar estas decisões, incrementando assim a memória organizacional, forma um perfeito e contínuo ciclo de conversão de conhecimentos explícitos / tácitos / explícitos.

Com o modelo dos processos de negócio, a organização poderá utilizá-lo para monitorar, simular, analisar e controlar o andamento do negócio, reconhecendo melhor o processo descrito. Estes sistemas poderão ser usados como base para o planejamento de alocação de recursos [FREITAS, 2001].

A modelagem dos processos de negócios é essencial como base de referência para discussões, a fim de apoiar à obtenção sistemática de uma visão holística da empresa. Esta modelagem facilita a compreensão do ambiente empresarial, devido ser uma representação da estrutura, das atividades, dos processos, das informações, dos recursos, do pessoal, do comportamento, dos objetivos e das restrições das empresas, colaborando no entendimento das complexas interações entre as organizações e as pessoas.

Os modelos de processos podem ser simulados e analisados para reconhecer e melhorar o processo descrito. Eles podem ser usados, ainda, como base para o planejamento de alocação de recursos. Um sistema de gerenciamento de processos de negócio pode utilizar um modelo para monitorar e controlar o andamento do negócio (Figura 2.3).

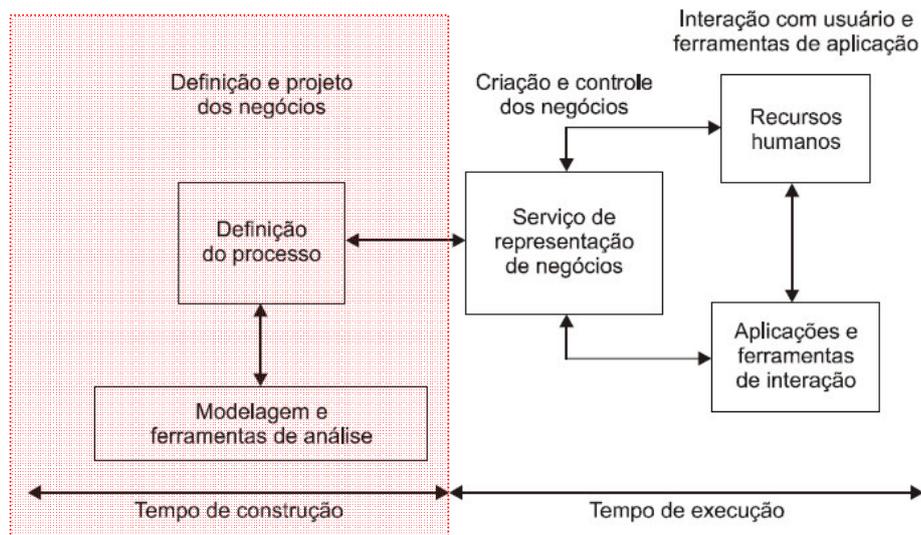


Figura 2.3 – Fases e componentes de um sistema de negócios.

Fonte: Salimifard & Wright (2001, p. 666).

Muito próximo do termo modelagem de negócio, está o conceito de *workflow* ou fluxo de trabalho. A automação do processo de negócio identifica as várias atividades do processo, regras de procedimento e controle de dados associados para gerenciar o *workflow* durante a ativação do processo [FISHER 2002]. Os conceitos se confundem na prática, pois para a adoção de *workflows* é necessária à realização da modelagem dos processos.

## 2.4 O QUE É WORKFLOW

De acordo com Aalst [2002], o *workflow* é o aspecto operacional de um procedimento do trabalho: como as tarefas são estruturadas, quem as executa e como são sincronizados, como os fluxos de informação suportam as tarefas e como as tarefas estão sendo seguidas. *Workflow* é um conjunto de regras que governam a seqüência de atividades para completar um trabalho que envolve diversos participantes. É comum o termo "*workflow*" ser usado com significados mais abrangentes. O significado alternativo mais comum está relacionado à troca de informações entre os participantes de um trabalho colaborativo.

*Workflow* é a automação de um processo de negócio, por inteiro ou em parte, durante o qual informações, tarefas e documentos são passados de um participante para outro, respeitando um conjunto de regras procedurais. Os *workflows* do negócio são mais genéricos, podendo representar toda a estrutura das tarefas, e são igualmente aplicáveis à tarefa de um

usuário que programa dentro da aplicação do software e que organiza um papel dentro de uma organização. Suas origens datam os anos 70, quando eram puramente baseados em papéis, e os princípios desse período fizeram à transição do moderno sistema de infra-estrutura.

*Workflow* pode ser definido como seqüência de passos necessários para que se possa atingir a automação de processos de negócio, de acordo com um conjunto de regras definidas.

O conceito de *Workflow* foi concebido de acordo com a noção de processos. Permitindo que estes possam ser transmitidos de uma pessoa para outra de acordo com algumas regras. O gerenciamento de *workflow* possui um conjunto de ferramentas para administração de monitoramento, para controlar aplicações clientes do *workflow*, as aplicações invocadas, ferramentas de processos dentre outras.

Sistemas de *workflow* se inserem no contexto geral de *software* cujo objetivo é o suporte ao trabalho cooperativo, onde se enfatiza a interação entre usuários, e não apenas a interação usuário/sistema. Este software ou conjunto de software permite organizar, automatizar e gerenciar o fluxo de processos, com ênfase em seus documentos [D'ASCENÇÃO, 2001; JANSSENS et al, 2000].

A figura 2.4 ilustra o relacionamento entre os elementos e definições de processo de negócio e seus equivalentes em execução em *workflow*. Nota-se, portanto, a permanência da estrutura semântica definida na fase de modelagem e análise (*build time*) e a da estrutura em execução (*run time*) através da instanciação do processo e controle. Tais etapas são explicitadas nas figuras 2.3 e 2.5.

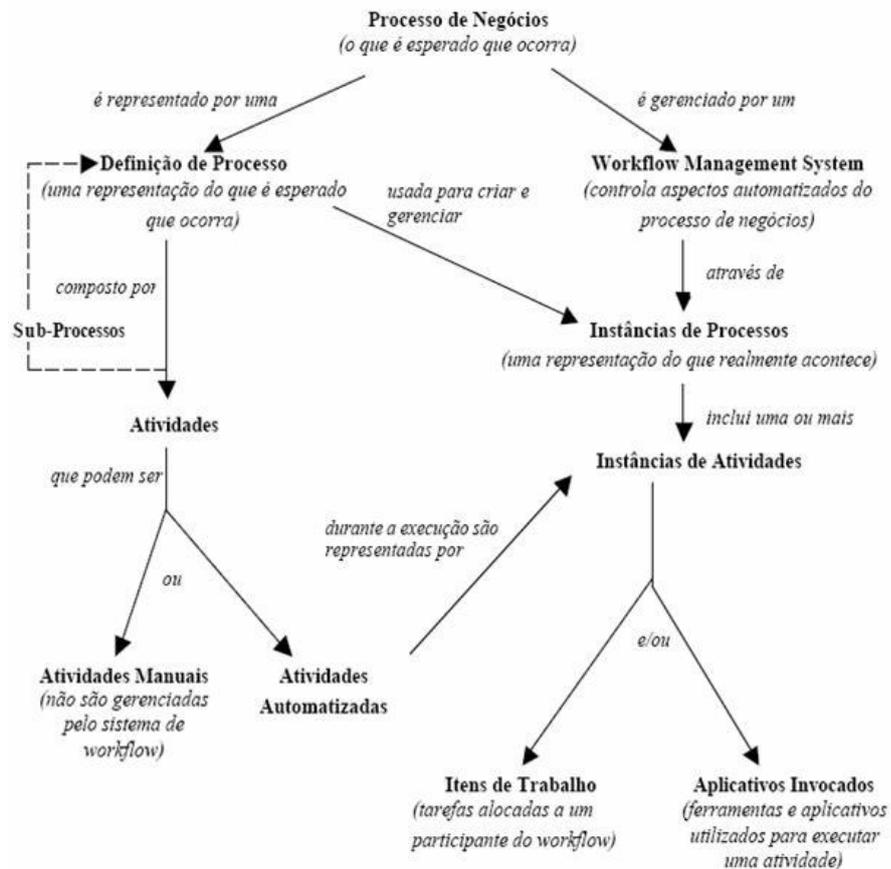


Figura 2.4: Relacionamento de Elementos de Processos de Negócio e Workflow [SALIMIFARD & WRIGHT, 2001].

Para uma organização, a implementação de uma ferramenta *workflow*, conduz aos seguintes benefícios:

- eliminação do incômodo e do lixo dos produtos de papel;
- simplificação dos formulários previstos;
- acesso remoto;
- arquivamento e recuperação de informações simplificadas;
- habilidade de rapidamente trilhar as informações submetidas;
- possibilidade de saber os responsáveis de cada tarefa do processo;
- aumento no tempo de linhas de informação.
- melhora da eficiência da organização;
- aumento de produtividade;
- aperfeiçoamento de processos e relatórios de controle;
- maior aceitação, pelos colaboradores, dos regulamentos internos e externos;

- melhora da vantagem competitiva;
- aumento do conhecimento dos processos da organização.

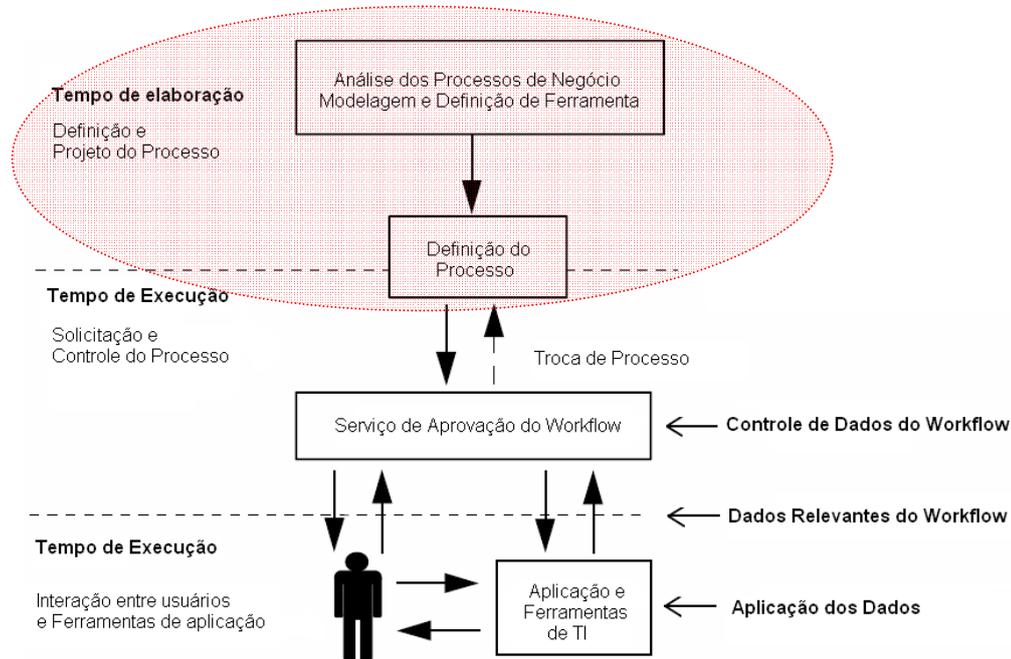


Figura 2.5 – Fases e estruturas BPM e Workflow [FISCHER, 2002].

## 2.5 CICLO DE DESENVOLVIMENTO

Realizar a modelagem e análise de um processo de negócios, por inteiro ou uma parte, durante o qual documentos, informações e tarefas são passadas de um participante para outro é aumentar a eficiência de processos de negócio, tanto os críticos quanto os eventuais, e a efetividade das pessoas que trabalham em conjunto para executá-los.

Organizar e automatizar fluxo de processo é uma preocupação constante e antiga das empresas. Há pelo menos três décadas que as empresas vêm tentando melhorar o fluxo de seus processos, visualizando diminuir custos e ganhar maior agilidade.

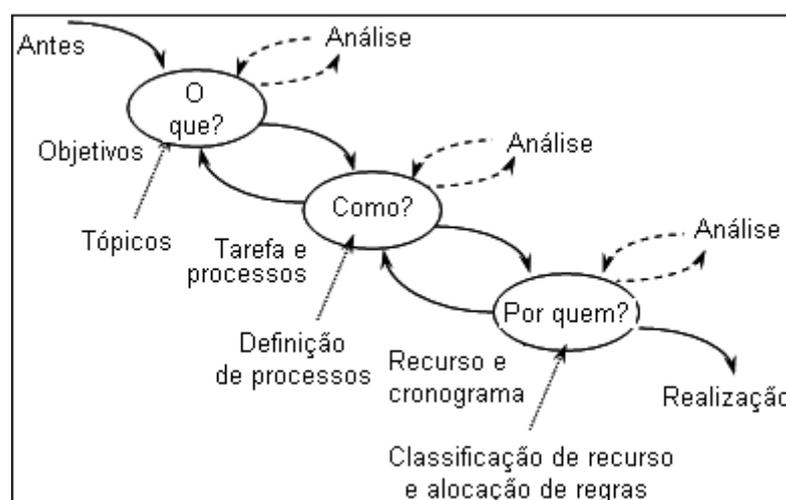
Na literatura metodologias baseadas em ciclos de desenvolvimento ou ciclos de vida de processos de negócio são propostas de forma a auxiliar no processo de construção de um sistema de gerenciamento de processos de negócio eficiente. Nestas metodologias, as fases de mapeamento do conhecimento e modelagem atuam como pilares para estrutura.

Analisar um processo é examinar cada parte, visando conhecer seus objetivos, suas

funções, suas atividades, seu fluxo de informações e suas relações com os demais processos existentes (Figura 2.6). O quadro 2.1 permite verificar quais as questões que deverão ser respondidas no levantamento e na análise do processo.

Atitude Interrogativa	
No levantamento	Na análise
que é feito?	que deveria ser feito?
como é feito?	como deveria ser feito?
quando é feito?	quando deveria ser feito?
onde é feito?	onde deveria ser feito?
quem faz?	quem deveria fazer?
para quem é feito?	para quem deveria ser feito?
por que é feito?	por que deveria ser feito?
qual o volume de trabalho?	qual deveria ser esse volume?
qual o custo?	qual deveria ser o custo?

Quadro 2.1 – Atitude Interrogativa no levantamento e na análise [D'ASCENÇÃO, 2001].



2.6 – Verificação do processo [AALST, 2000]

Na literatura relacionada à teoria de simulação, formas metodológicas similares aos ciclos de desenvolvimento e de vida dos sistemas BPMs são igualmente tratados, como mostra a figura 2.7. Nesta abordagem, temos a concepção, implementação e análise do modelo. A concepção é realizada através da formulação e representação do modelo, após realiza-se a sua implementação, verifica-se e valida-se o modelo e por fim, analisa-se o modelo e realizam-se experimentações com este [LINSAY, et al, 2003].

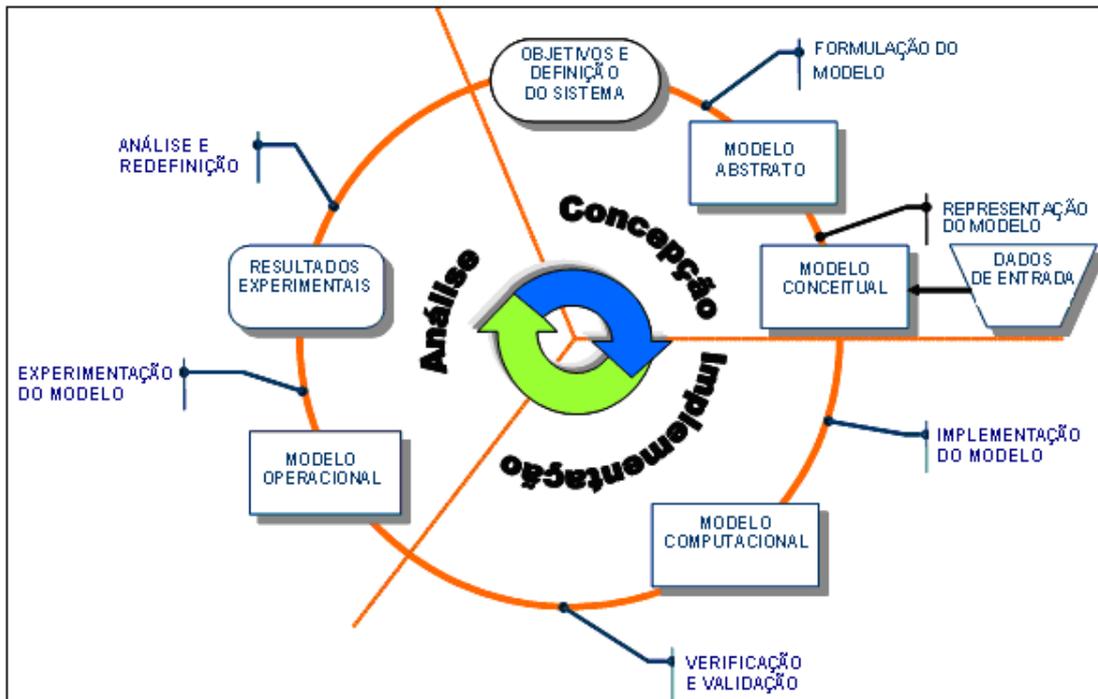


Figura 2.7 – Abordagem metodológica da Teoria de simulação [CHWIF & MEDINA, 2006]

Inspirado nestas propostas metodológicas e no cenário de correlação com a teoria de simulação de eventos discretos, sugere-se um ciclo de desenvolvimento composto pelas seguintes fases, ilustrado na figura 2.8:

1ª Fase: Mapeamento do conhecimento

2ª Fase: Modelagem

3ª Fase: Análises qualitativas (diagnóstico) e quantitativas (desempenho)

4ª Fase: Implementação / execução <sup>1</sup>

5ª Fase: Acompanhamento ou monitoramento para diagnóstico sobre o processo real

6ª Fase: Re-design (melhorar)

<sup>1</sup> Termo referenciado também na literatura como *'enactement'*.

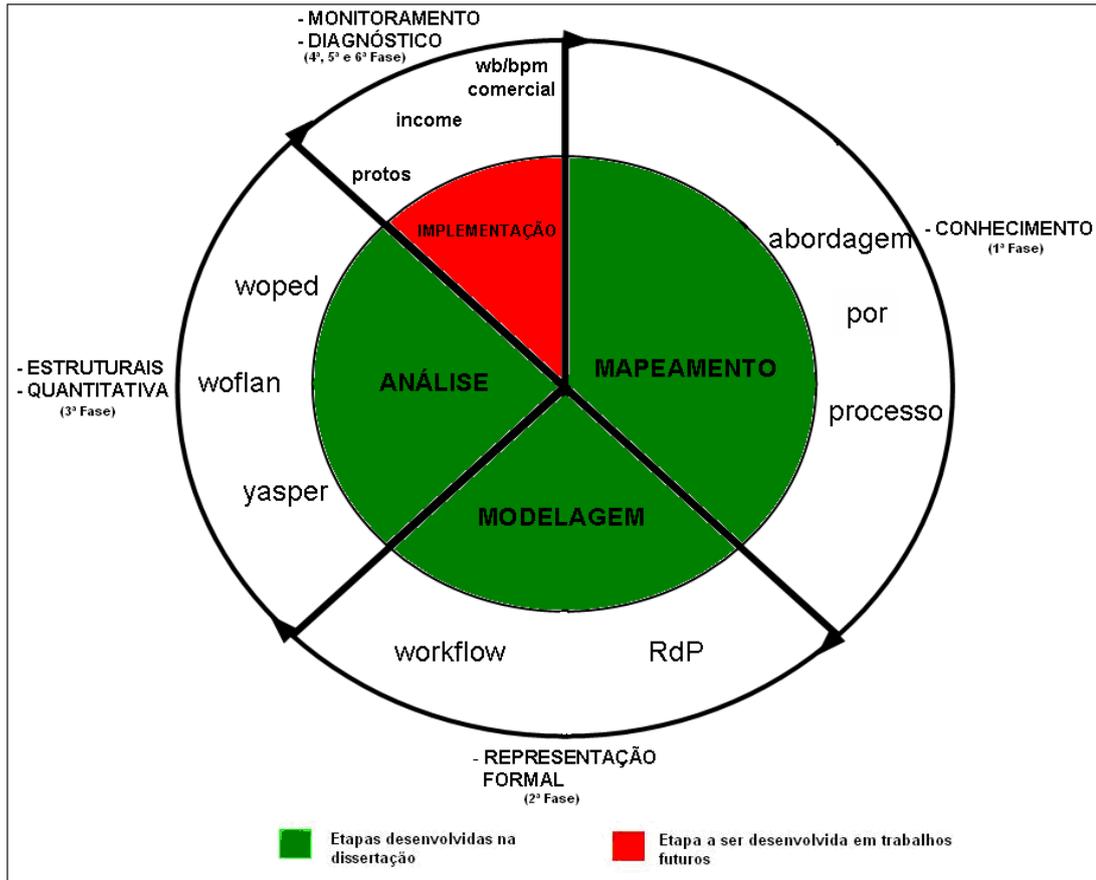


Figura 2.8: Ciclo de Desenvolvimento

Através de um estudo de caso, será modelado um processo de vendas em uma empresa do ramo automotivo. Para este estudo, a escolha da ferramenta para as etapas de modelagem e análise (*build time*) será por um software livre, ficando para um estudo futuro a utilização de uma ferramenta comercial para as etapas de execução/implementação e monitoramento (*run time*).

Para que haja uma melhor conexão entre as fases de modelagem, simulação e análise e a fase de execução e monitoramento em ferramenta comercial (Figura 2.8), é desejável a manutenção no formato dos modelos desenvolvidos. Para tal, buscou-se neste trabalho de dissertação um conjunto de ferramentas (*toolset*) que apresentem a mesma base de representação e formalismo, as redes de Petri. Na implementação futura dos modelos em ferramenta de execução e monitoramento, mantém-se o formato dos modelos e seu poder de representação através da instanciação dos elementos modelados em um ambiente dotado de mecanismo de execução (*engine*) baseado em redes de Petri. Esta é uma grande vantagem e motivação para o desenvolvimento deste trabalho.

## 2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foi abordado um referencial teórico sobre a gestão organizacional. Verificou-se a importância que os processos de negócio significam para a organização e a necessidade de uma ferramenta que abranja todos os recursos, de tempo, humano, atividade.

Na administração científica, focava-se na eliminação do desperdício, e através das propriedades citadas por Taylor, buscou-se aperfeiçoar os processos industriais, melhorando sua gestão e conquistando melhores resultados.

Com o decorrer das décadas, observa-se a importância dos processos de negócio, e na década de 90 iniciaram-se estudos com foco na importância destes processos.

Neste capítulo propôs-se um ciclo de desenvolvimento dividido em 6 fases. A contribuição deste trabalho está focada nas etapas de mapeamento, modelagem e análise desenvolvidas nos capítulos subsequentes.

### 3 CAPÍTULO III - REDES DE PETRI COMO FORMALISMO PARA MODELAGEM DE PROCESSOS DE NEGÓCIO

#### 3.1 INTRODUÇÃO

Sistema a eventos discretos (SED) é um sistema dinâmico, a espaço de estados discreto que evolui de acordo com a ocorrência abrupta de eventos físicos, em intervalos de tempo em geral irregulares e desconhecidos.

Os sistemas de interesse percebem as ocorrências no mundo externo através da recepção de estímulos, denominados eventos. São exemplos de eventos o início e o término de uma tarefa, mas não a sua execução. A ocorrência de um evento causa, em geral, uma mudança interna no sistema, a qual pode ou não se manifestar a um observador externo. Desta forma, a simples passagem do tempo não é suficiente para garantir que o sistema evolua; para tanto, é necessário que ocorram eventos, sejam estes internos ou externos. Note ainda que a ocorrência desses eventos possa depender de fatores alheios ao sistema, de modo que este não tem, em geral, como prevêê-los.

Foram desenvolvidos até o momento vários modelos para SEDs, sem que nenhum tivesse se afirmado como universal. Esses modelos refletem diferentes tipos de SEDs bem como diferentes objetivos na análise dos sistemas em estudo [QUEIROZ, CURY, 2002; CURY, 2001].

Os principais modelos utilizados para sistemas a eventos discretos são os seguintes:

- Redes de Petri e suas extensões;
- Cadeias de Markov;
- Teoria das Filas;
- Processos Semi-Markovianos Generalizados (GSMP) e Simulação;
- Álgebra de Processos;
- Álgebra Max-Plus;
- Lógica Temporal e Lógica Temporal de Tempo Real;
- Teoria de Linguagens e Autômatos (Ramadge-Wonham)

O gerenciamento de processo vem por décadas entusiasmadas por vários movimentos de processo orientados. Uma companhia poderá se focar em Seis Sigma ou na qualidade total ou em *software* ou na reengenharia da gerência de processo, mas nunca podem generalizar esse interesse em um foco maior em identificar, compreender, e melhorar processos do negócio [DAVENPORT, 2004]. Apesar de todo este desenvolvimento e da importância que esta área vem recebendo dentro das organizações ainda persistem grandes barreiras para a aplicação destes modelos. Uma das principais barreiras é a complexidade gerada pela quantidade grande de elementos necessários para a representação destes tipos de sistemas e a ausência de técnicas mais complexas para análise do gerenciamento do *workflow*. Com esta dificuldade, criou a necessidade de desenvolver e lidar com técnicas e ferramentas adequadas para identificar, analisar e simular processos de negócio. [DESEL & ERWIN, 2000].

As RdP têm excelente potencial na minimização destes problemas, pois:

- Possuem representação gráfica;
- São de fácil aprendizado;
- Funcionam como linguagem de comunicação entre especialistas de diversas áreas;
- Permitem descrição dos aspectos estáticos e dinâmicos do sistema a ser representado;
- Usufriui de formalismo matemático, o que permite uso de ferramentas de análise.

Na modelagem e execução de processos de negócio são relevantes as seguintes perspectivas: Fluxo de controle ou processo; Recurso; Dados; Tarefas; Operação.

A utilização de um processo em um sistema de gerenciamento de processos de negócio, indica necessidade de gerenciamento de uma categoria particular. Tal processo define as tarefas que precisam ser executadas. Um grande processo pode consistir-se de sub-processos, tarefas e condições. As condições asseguram tarefas em ordem correta e verificam se o estado pode ser estabelecido.

A notação utilizada para a construção de RdP emprega três premissas: lugares, transições, fluxos (arcos dirigidos). Para a aplicação da notação de RdP na construção de modelos de negócios é necessário realizar o mapeamento dessas três premissas com os componentes dos processos, ou seja, pessoas, tarefas, documentos, recursos, comunicações,

etc.

Os lugares, representados por um círculo, indicam tipicamente a validade ou não de uma condição em certo momento da dinâmica do sistema modelado. Essa condição pode ter um significado lógico fazendo referência as variáveis de estados ou ter um significado mais material, por exemplo, a disponibilidade de recursos físicos ou de informação no sistema.

Alguns exemplos de condições representadas por lugares de uma RdP seriam:

Disponibilidade que indica a ocupação ou não de materiais, pessoas, ferramentas, documentos, equipamentos, sistemas, locais, etc.

Eventos que representam acontecimentos ou notificações, como vencimentos, chegada de e-mail, decisões, chegada de matéria-prima, avisos de chegada, correspondências, etc.

Estados que representam à situação momentânea em que se encontra determinada entidade ou pessoa.

As transições ocorrerão em função da dinâmica do negócio e podem se dar ao mesmo tempo. Essa dinâmica determina a habilitação de tais transições permitindo que venham a acontecer. O encadeamento das marcações determina a evolução dos estados do negócio. As transições estão relacionadas com:

a) Ações materiais: quando há representações de ações físicas como entregar materiais, receber papéis, escrever documentos, registrar informações, enviar notificações, etc.

b) Ações informativas: são aquelas que estão relacionadas com as ações sobre informações como consultar uma informação. O consumo está relacionado com a retirada da marca na posição de consulta, ao contrário da consulta que não retira a marca.

Uma transição pode produzir nenhuma, uma ou mais marcas em seus lugares de saída. A não produção de marca na ocorrência de uma transição é relativa a uma ação que ocorreu e finalizou um processo como, por exemplo, a exclusão de um registro.

Um fluxo é uma ligação entre um lugar e uma transição, e vice-versa, e é representado por um arco dirigido. Quando ele é de um lugar para uma transição, estabelece uma pré-condição para a ocorrência dessas. Já um fluxo de uma transição para um lugar, determina uma pós-condição (uma consequência) para essa transição. O conjunto de fluxos de uma RdP estabelece o encadeamento de condições e transições da rede definindo, portanto, seu comportamento dinâmico.

### 3.2 REDES DE PETRI

Para o trabalho em estudo, entre todos os modelos utilizados para sistemas a eventos discretos, será utilizado o modelo de RdP e suas extensões para realização do formalismo dos processos de negócio.

As Redes de Petri foram inventadas em 1962 por Carl Adam Petri em sua tese de doutorado, uma rede de Petri ou rede de transição é uma das várias representações matemáticas para sistemas distribuídos discretos. Como uma linguagem de modelagem, ela define graficamente a estrutura de um sistema distribuído como um grafo direcionado com comentários.

Uma rede de Petri é composta por lugares e transições e tem uma representação gráfica padrão onde lugares são círculos e transições são quadrados. Lugares e transições são conectados por arestas dirigidas, formando um grafo bipartido dirigido, isso é, seguindo a direção de uma aresta só é possível ir de um lugar para uma transição ou de uma transição para um lugar (Figura 3.1).

Nas RdP, a informação do estado está distribuída por um conjunto de lugares que capturam as condições chave que governam o sistema e possui maior modularidade para construção de modelos de um sistema a partir de modelos dos seus subsistemas.

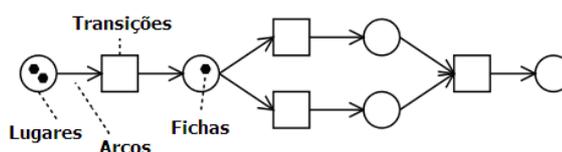


Figura 3.1. Uma rede de Petri simples.

Lugares e transições representam o aspecto estático de uma rede de Petri, o aspecto dinâmico é representado por fichas. Uma ficha é uma marca que só pode ocupar lugares e que muda de lugar de acordo com o disparo das transições.

Na rede de Petri clássica, quando uma transição dispara ela consome uma ficha de cada entrada (lugares com arestas chegando na transição) e produz exatamente uma ficha em cada saída (lugares com arestas deixando a transição). Com o formalismo das RdP será possível analisar e identificar o funcionamento dos processos de negócio da organização.

A seguir, visualizaremos as propriedades e características das RdP que irão

contribuir para a modelagem formal dos processos de negócios.

As RdP são uma ferramenta para modelar e analisar processos dinâmicos. É uma linguagem com forte apelo gráfico, relacionando estados e ações de sistemas sendo utilizadas para especificação, projeto, simulação e verificação de diversos contextos: sistemas de manufatura, sistemas distribuídos, redes de comunicação, sistema de controle, *business process management* (BPM), dentre outros. Um completo *overview* do estado da arte nas aplicações de RdP pode ser encontrado em Girault & Valk [2003].

Os sistemas de BPM são soluções voltadas à automação de processos com o objetivo de trazer maior agilidade e flexibilidade na execução das atividades. Sua principal característica é a capacidade de se adaptar aos processos da empresa, sendo flexível para se adequar rapidamente às mudanças contínuas nos processos de negócio. O contexto de BPM e seu tratamento através de RdP é uma emergente linha de pesquisa abordada pela comunidade científica Desel [2000] e Aalst [2002].

Com o formalismo das RdP será possível analisar e identificar o funcionamento dos processos de negócio da organização. Neste contexto, encontram-se na literatura as WF-Nets [AALST 2002, 2004] que apresentam propriedades específicas e apropriadas para o tratamento de processos de negócio e *workflow* [LI, 2001]. Outras extensões de RdP no contexto BPM e WF são analisadas em [REIJERS, 2003] [AALST, 2000].

Aalst & Hee [2002] identificam três razões principais para aplicar RdP na modelagem de workflow: 1. as RdP possuem tanto semântica formal quanto natureza gráfica; 2. elas podem modelar explicitamente estados do sistema; e 3. há variedade e disponibilidade de técnicas de análise.

A principal vantagem de empregar RdP na modelagem de workflow é a combinação de fundamentação matemática, representação gráfica compreensiva e possibilidade de simulações e verificações [SALIMIFARD, WRIGHT, 2001].

### 3.3 REDES DE PETRI E SUAS PROPRIEDADES

Uma rede de Petri clássica é um grafo bipartido e um estado inicial, chamado de marcação inicial ou  $M_0$ . O grafo de uma rede de Petri é orientado e seus arcos possuem pesos. Formalmente, a rede de Petri é dada por uma quintupla,  $RP = (P, T, F, W, M_0)$ , em que:

- $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$  conjunto finito de lugares;

- $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$  conjunto finito de transições;
- $F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$  conjunto de arcos;
- $W : F \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$  função de pesos;
- $M_0 : P \rightarrow \{0, 1, 2, 3, \dots\}$  marcação inicial;
- $P \cap T = \emptyset$  e  $P \cup T \neq \emptyset$ .

Na literatura as RdP geralmente estão divididas em três principais classes: RdP ordinárias, abreviações e extensões [CURY, 2001].

As RdP ordinária possuem arcos com o mesmo peso, o qual é 1, apenas um só tipo de ficha, a capacidade de lugares é infinita, o disparo de uma transição pode acontecer se cada lugar precedente tiver no mínimo uma ficha e nenhum tempo é envolvido.

As abreviações correspondem a representações simplificadas que têm por finalidade facilitar a representação gráfica e possuem o mesmo poder de modelagem das RdP. Dentro desta classe estão consideradas as RdP generalizadas, RdP com capacidade finita, e as RdP coloridas [LINDSTROM, 2002].

As extensões por outro lado correspondem a modelos para os quais as regras de funcionamento sofrem algumas variações com a finalidade de enriquecer a capacidade de representação do modelo inicial.

A seguir serão definidas as propriedades relativas à RdP definidas comumente na literatura como propriedades dependentes da marcação inicial e propriedades estruturais [ZHOU, 2005].

As RdP marcadas não permitem a obtenção direta de algoritmos capazes de determinar se a propriedade é ou não verificada, pois o conjunto de marcações acessíveis é sempre finito.

As RdP não marcadas, que impedem sua marcação inicial, permitem derivar métodos de cálculo, diretamente das definições, através da resolução de um sistema de equações lineares.

As RdP estruturais, pode-se utilizar também a informação sobre a marcação, definindo-se assim, os invariantes de lugar e de transição, que permitem algumas informações adicionais sobre o comportamento dinâmico da rede de Petri [CARDOSO e VALETTE, 1998].

No contexto de workflow, de acordo com Pankratius [2005], a verificação e a

validação são negligenciados freqüentemente. A verificação é precisa para verificar se o sistema resultante esteja livre de erros lógicos. Já a validação é necessária para verificar se o sistema se comporta realmente como o esperado, a validação é contexto dependente e pode somente ser feito com o conhecimento do processo de negócio. Através das RdP estruturais, será possível visualizar a relevância da validação e da verificação para os processos de negócios.

### 3.3.1 Redes livres de bloqueio

Uma RdP com marcação inicial  $M_0$  é livre de bloqueio se para toda marcação  $M \in A(R, M_0)$  existe pelo menos uma transição  $t \in T$  sensibilizada.

Esta propriedade permite identificar bloqueios no sistema.

### 3.3.2 Redes vivas e quase vivas

Uma RdP é viva para uma marcação inicial  $M_0$  se toda transição  $t \in T$  permanece sempre potencialmente sensibilizável.

➤ se uma rede é não viva, existem transições que deixam de ser sensibilizáveis.

Esta propriedade permite checar operacionalidade do sistema. Uma RdP viva garante que nenhum bloqueio ocorra e garante a inexistência de lugares mortos. Uma RdP é quase-viva para uma marcação inicial  $M_0$  se toda transição  $t \in T$  é potencialmente sensibilizável pelo menos uma vez.

### 3.3.3 Redes reinicializáveis

Uma RdP é reinicializável para uma marcação inicial  $M_0$  se seu grafo de marcação acessível é fortemente conexo (marcação inicial é sempre reatingível). É possível portanto, a partir de qualquer marcação  $M_0$  de  $GA(R, M)$ , encontrar uma sequência de disparo  $s$  que leve de volta à marcação inicial  $M$ .

### 3.3.4 Marcação / Estado de recepção

Uma marcação acessível  $M'$  de  $A(R, M)$  é um estado de recepção se ele é acessível de qualquer marcação acessível  $M''$  de  $A(R, M)$ . Se o estado de recepção é indicado pela

marcação inicial  $M_0$ , o sistema (RdP) pode ser dito reinicializável.

### 3.3.5 Redes k-limitadas

Um lugar  $p \in P$  de uma RdP é k-limitado para uma marcação inicial  $M_0$  se "marcação acessível  $M'$ ,  $M' \in (p) \leq k$ . Uma RdP é k-limitada se todos seus lugares são k-limitados. Para o caso  $k = 1$ , diz-se que o lugar ou a rede é binária (safe).

Esta propriedade permite checar p.ex. limitação de buffers.

### 3.3.6 Invariantes de lugar

Elementos nas somas são independentes de  $M_0$  e definem os invariantes de lugar. Componente conservador (invariante linear de lugar):

$w^T \cdot C = 0$ , onde  $C$  é a matriz de incidência e  $z^T$  um vetor de tamanho igual ao número de lugares  $w^T = [w_1, w_2, \dots, w_n]$ .

Esta propriedade permite checar coerência do modelo e ganhar conhecimento sobre o sistema.

### 3.3.7 Invariantes de transição

É uma sequência de disparos de transições que não modifica a marcação da rede e corresponde a uma sequência cíclica de eventos que pode se repetir indefinidamente.

Esta propriedade permite identificar comportamentos cíclicos do sistema.

## 3.4 REDES DE PETRI DE ALTO NÍVEL

Devido as RdP serem gráficas, elas são facilmente acessíveis e usáveis. Também têm uma sólida base matemática e existem muitas técnicas analíticas disponíveis. Apesar deste ponto forte, a rede de Petri clássica tem limitações em muitas situações práticas. Torna-se demasiado grande e inacessível, ou então não é possível modelar uma atividade específica. Por causa disto, a rede de Petri clássica foi estendida de várias formas. Graças a estas extensões é possível modelar situações complexas de forma estruturada e acessível. Chamamos RdP estendidas com cor, tempo e hierarquia, sendo estas, as três extensões mais

importantes das Redes de Petri de alto nível [LOURES, 2006]. Como a descrição completa de RdP de alto-nível seria demasiado longa, limitarmo-nos a apenas aqueles aspectos mais importantes no contexto de gestão de workflow.

As RdP de Alto Nível surgiram nos anos 70 e 80 e foram propostas para resolver problemas relacionados a complexidade de representar o comportamento real dos sistemas. Com o grande crescimento da utilização deste formalismo pela comunidade científica e industrial, atualmente tal formalismo recebe orientação e conformidade da norma ISO/IEC 15909.

A ISO/IEC 15909 define uma sintaxe abstrata para forma gráfica e semântica de CPN (Coloured Petri Nets), ele passa de formato de transferência para PN – PNML (Petri Net Markup Language), baseado em XML, sendo suas extensões: construções modulares (hierarquia em CPN), e extensões de tempo. Tendo sido dividido em três partes, quais sejam: a parte 1, designada por RdP de alto nível – Conceito, Definição e Notação Gráfica; a parte 2, designada por RdP de alto nível – Formato de transferência; e a parte 3, designada por RdP de alto nível – Extensão. Estas três partes iniciaram sua tramitação pelo longo processo de aprovação de padrões ISO em momentos diferentes e, conseqüentemente, estão em fases diferentes de padronização. A ISO/IEC-15909-1 foi ratificada como padrão em julho de 2003, tendo seu texto recebido a última atualização em maio de 2002. A ISO/IEC-15909-2 e a ISO/IEC-15909-3 iniciaram suas tramitações, respectivamente, em junho de 2003 e janeiro de 2004.

Os objetivos da ISO/IEC 15909, como referência para utilização de ferramentas Petri: interoperabilidade, projeto e especificação, facilitar o desenvolvimento de sistemas distribuídos sob o conceito RSP (*Rapid Specification Prototyping*). Seus campos de aplicação são diversos: requerimento de análises; especificações, projeto e testes; descrição de sistemas existentes para re-design; modelagem de BP e sistemas de software; prover semântica para linguagens concorrentes; simulação e análise de sistemas; desenvolvimento de ferramentas Petri; etc.

#### 3.4.1 Redes de Petri coloridas

As RdP coloridas, incorpora tipos de dados para representação dos dados e pode utilizar a decomposição hierárquica sem comprometer as qualidades das RdP originais.

Uma rede de Petri colorida associada a uma macação inicial é uma sextupla dada

por:  $Rc = (P, T, Cor, C_{sc}, W, X_0)$  onde, (Figura 3.2)

$P$  é um conjunto finito de lugares

$T$  é um conjunto finito de transições

$C_{or}$  é um conjunto finito de cores

$C_{sc}$  é a função sub-conjunto de cores que a cada lugar e a cada transição associa um sub-conjunto de  $C_{or}$  (as cores possíveis para este lugar ou esta transição):  $C_{sc}: P \cup T \rightarrow \mathbb{P}(C_{or})$ .

$W$  é a função de incidência (equivalente de  $C = \text{Pre-Post}$ ), onde cada elemento  $W(p,t)$  de  $W$  é também uma função.  $W(p,t): C_{sc}(t) \times C_{sc}(p) \rightarrow \mathbb{N}$

$X_0$  é a marcação inicial que associa, para cada lugar e para cada cor possível neste lugar, um número de fichas.  $X_0(p): C_{sc}(p) \rightarrow \mathbb{N}$

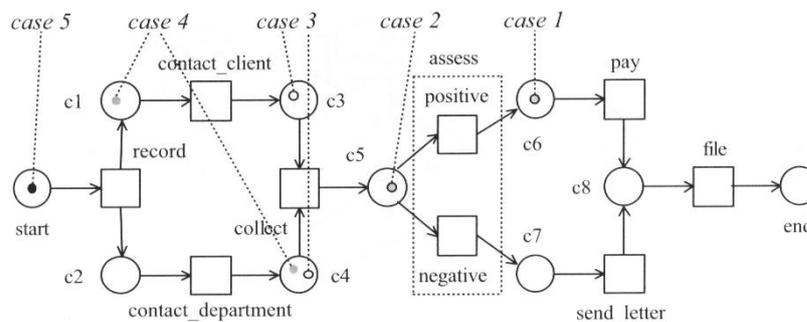


Figura 3.2 - Rede de Petri Colorida

Através das RdP coloridas, as fichas são usadas para modelar um conjunto de informações em uma mesma base estrutural (dobramento de uma rede de Petri). Num modelo podem representar reclamações de seguro e em outro por exemplo, o estado das luzes de trânsito. No entanto na rede clássica de Petri é impossível distinguir entre duas fichas: duas no mesmo lugar são, por definição, indistinguíveis. Esta é uma situação indesejável. No caso de duas reclamações de seguro, por exemplo, através das RdP coloridas, é possível incorporar características separadas de duas reclamações no modelo.

Objetivo principal é reduzir o tamanho do modelo, permitindo que marcas individualizadas (cores) representem diferentes processos ou recursos em uma mesma sub-rede. Inicialmente as marcas eram representadas por cores (ou padrões) que possibilitassem a distinção das marcas.

Em algumas situações, há uma necessidade de fazer tais condições de dados

mutuamente exclusivas menos restritivas. Por exemplo, dois tipos de recursos necessitam tratar três tipos de tarefas. Cada grupo de recursos é especializado em apenas uma tarefa específica; entretanto, uma tarefa de tipo mais genérico pode ser executada por qualquer tipo do recurso. Poder relaxar condições de dados mutuamente exclusivas pode resultar em uma distribuição mais flexível do trabalho.

Utilizar as RdP coloridas para modelar os processos de negócios, torna-se de grande valia, devido a possibilidade de distinguir diversos processos que estejam ocorrendo ao mesmo tempo [ZHU et al, 2004].

Nas RdP coloridas também é possível estabelecer pré-requisitos para uma transição se tornar habilitada. Não somente as marcações devem estar disponíveis nos respectivos lugares de entrada, como também os pré-requisitos devem ser cumpridos para que a transição esteja pronta para disparar. Estas pré-condições agem como transições de controle. Se uma pré-condição de uma transição foi cumprida ou não, depende dos valores das marcações a serem consumidas.

Em contraste com as RdP clássicas, a representação gráfica das RdP coloridas não contém mais toda a informação do modelo. Além do diagrama, é necessário especificar que pré-condições existem para cada transição.

### 3.4.2 Redes de Petri com extensão do tempo

O formalismo a que chamamos de redes de Petri possibilita a representação de sistemas dinâmicos a eventos discretos, com atividades concorrentes e assíncronas. Entretanto, para que seja possível especificar sistemas de tempo real, avaliar o desempenho de sistemas dinâmicos de um modo geral e examinar questões referentes ao seu escalonamento, por exemplo, é necessário que se considerem informações relativas ao tempo em que ocorrem os eventos no sistema considerado. Os modelos estudados até o momento permitem apenas a descrição funcional desses sistemas, levam em conta apenas a relação causal entre os eventos dos sistemas modelados, mas não possibilitam a representação da relação do tempo de ocorrência de tais eventos.

A rede de Petri *temporizada* é obtida associando-se cada transição da rede ordinária uma duração de tiro. Sua semântica é uma noção de atraso diante a qual as fichas utilizadas para disparar a transição não são disponíveis ou visíveis em nenhum lugar. A partir do momento que a ficha se torna visível num lugar, ela pode ser utilizada imediatamente por

qualquer transição de saída deste lugar [CARDOSO e VALETTE, 1998].

O tempo de execução de uma ação é considerado. Por exemplo, a ficha leva  $\theta$  segundos para sensibilizar  $t_2$ .

Definição formal:  $R_t = \langle R, \Theta_f \rangle$  (Figura 3.5)

$R$  é uma RdP  $\langle P, T, Pre, Post, X_0 \rangle$

$\Theta_f : T \rightarrow \mathbb{Q}^+$  é a função duração de disparo, que associa a cada

Transição um número racional que descreve a duração do disparo.

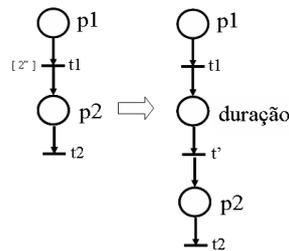


Figura 3.5 - Redes de Petri Temporizadas

A rede de Petri temporizada pode associar o tempo ao lugar ou à transição. As fichas desaparecem ou ficam indisponíveis ou reservadas durante certo tempo, e reaparecem após na marcação. Quando um lugar da rede recebe uma marcação as transições seguintes poderiam estar habilitadas para ocorrência, no entanto, antes da realização desses próximos eventos há a necessidade de se executar algum tipo de processamento que não é instantâneo. Dessa forma, deve-se reter o avanço da marcação pelo tempo necessário para a execução desse processamento. A representação de tempo é feita no lugar e não na transição, mesmo que essa última tenha um tempo para ocorrer. Isso torna a representação mais intuitiva.

Desta forma, podemos responder a questões como:

- Quantos eventos de um dado tipo podem ocorrer num dado intervalo de tempo?
- Quanto tempo permanece o sistema num dado estado?

Quando associado às marcas, elas carregam uma informação indicando, geralmente, quando a marca estará disponível para ser considerada para a habilitação de transições. Quando a informação de tempo está associada aos arcos, a cada arco é associado um tempo de disparo. Quando a informação de tempo está associada aos lugares, usualmente, corresponde a uma indicação do tempo que a marca deve permanecer naquele lugar antes de ser utilizada

para a habilitação das transições sucessoras do lugar em questão. Finalmente, quando o tempo é associado às transições a indicação refere-se, de modo geral, tempo que a ação leva para ser executada.

### 3.5 MAPEAMENTO DE ESTRUTURAS BÁSICAS DE WORKFLOWS EM RDP

A tecnologia de *workflow*, através da automatização dos processos de negócio executados na organização, proporciona não apenas a redução de custos, tempo, erros e redundância na execução dos processos, mas também maior controle sobre os mesmos, o que leva ao incremento da qualidade dos processos, de seus resultados e da organização como um todo. Devido a estes e outros fatores é crescente o interesse acadêmico e científico por sistemas de *workflow* e pelo gerenciamento de processos de negócio (BPM).

Devido suas vantagens potenciais, padrões de *workflow* têm atraído à atenção de pesquisadores e da indústria de *software*. Nos últimos anos, diversas abordagens têm sido propostas. Em [AALST, 2002] são descritos 21 padrões de *workflow* para controle de fluxo (e.g., seqüencial, paralelo, condicional). Tais padrões são úteis tanto para a definição de *workflows*, como para validar o poder de expressão das linguagens e ferramentas de *workflow* [AALST 2004].

Modelagem e análise de *workflow* baseadas em RdP é uma área de pesquisa ativa. As RdP têm excelente potencial, uma vez que possuem representação gráfica, são de fácil aprendizado, funciona como linguagem de comunicação entre especialistas de diversas áreas, permite a descrição dos aspectos estáticos e dinâmicos do sistema a ser representado e ainda usufruem de um formalismo matemático que permite a utilização de diversos métodos de análise.

Desde que Zisman [1977] usou RdP para modelar *workflow* pela primeira vez, muitos autores publicaram trabalhos que procuravam integrar os dois assuntos. Entre eles pode-se citar: Eshuis, Dehnert [2003], Zhang [2006], Eshuis, Wieringa [2003], Hechel [2003], Eriksson, Penker [2000] e Verbeek et al. [2000].

A representação gráfica das RdP tem se mostrado muito útil, pois permite a visualização dos processos e a comunicação entre eles. Uma explicação pertinente, no entanto, diz respeito à maneira pela qual modelamos os construtos de roteamento e sincronização, mais especificamente os *AND-splits*, *AND-joins*, *OR-splits*, *OR-joins* e *XOR-*

*joins* (Figura 3.7).

As conexões servem para determinar o seqüenciamento das tarefas. O *AND-split* inicia um roteamento paralelo, e é composto de uma transição com dois (ou mais) lugares de saída, de modo que estes lugares iniciem trilhas paralelas de tarefas. O *AND-join* encerra o roteamento paralelo, e é representado por uma transição com dois (ou mais) lugares de entrada. O *OR-split* inicia um roteamento condicional, ou seja, apenas uma das trilhas possíveis será seguida. Em RdP, o *OR-split* é representado por uma situação de conflito, ou seja, um lugar com mais de uma transição de saída (apenas uma delas será disparada a cada ficha que chega no lugar). O *OR-join* encerra um roteamento condicional, sendo representado por um lugar com mais de uma transição de entrada.

A perspectiva do processo é muito importante, uma vez que o núcleo de qualquer sistema de informação é essencialmente formado por processos. Aalst & Hee [2002] explicam que, na dimensão de fluxo de controle, a construção de blocos *AND-split*, *AND-join*, *OR-split* e *OR-join* servem para modelar rotas seqüenciais, condicionais, paralelas e interativas.

Temos, portanto:

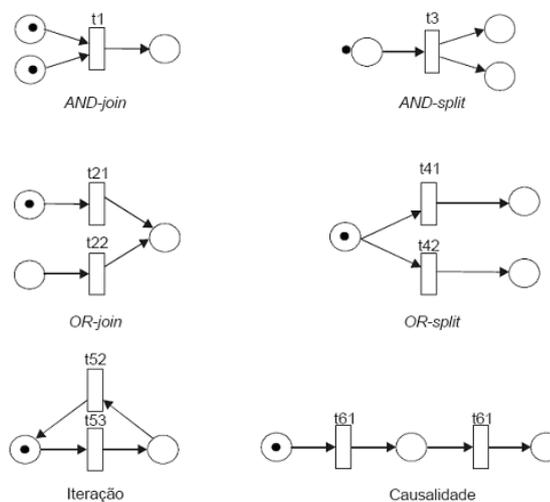


Figura 3.7 - Representação de blocos OR e AND – Aalst & Hee, 2002

A partir das conexões básicas, é possível construir algumas estruturas lógicas típicas de *workflows*: paralelismo e sincronismo, seleção ou decisão. Estas quatro estruturas lógicas são mostradas nas Figuras 3.8 e 3.9.

**Paralelismo e sincronismo:** Se uma ou mais tarefas podem ser executadas ao mesmo tempo ou em qualquer ordem. O paralelismo é um trecho de RdP iniciado por um *ANDsplit* e

finalizado por um *AND-join*, e representa trilhas de tarefas executadas em paralelo. A tarefa subsequente só é ativada após a conclusão de todas as atividades em paralelo (sincronismo).

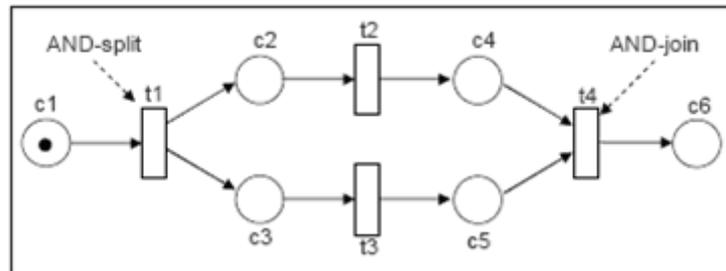


Figura 3.8 - Representação de paralelismo e sincronismo

Seleção ou decisão: Envolve uma escolha de uma dentre duas ou mais tarefas. O condicional exclusivo é um trecho iniciado por um *OR-split* e finalizado por um *OR-join*, e representa caminhos alternativos para o fluxo de trabalho. O condicional não exclusivo representa a possibilidade de seguir por apenas um dos caminhos ou por ambos, e é modelado por uma combinação das quatro conexões básicas. A iteração é a possibilidade de repetição de uma seqüência de tarefas e é modelada por um *OR-split* com uma saída retornando a algum lugar da RdP.

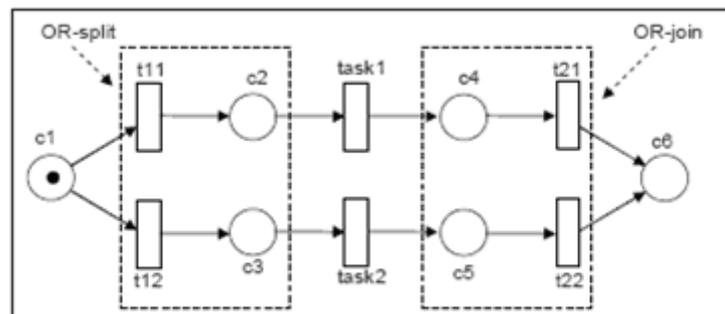


Figura 3.9 - Representação de Seleção

No Figura 3.10 [AALST, 1998] abaixo, que representa o atendimento de reclamações, inicia-se o processo com uma reclamação, que após ser registrada, fica disponível para as tarefas contatar cliente e contatar departamento. Após a execução de ambas (independente da ordem em que foram executadas) é feito o sincronismo através da tarefa coletar. Com a reclamação coletada em c5 apenas uma das tarefas avaliarem positivo ou negativo será executada (decisão). Se avaliada como positiva, o pagamento é realizado e a

reclamação arquivada. Se avaliada como negativa, será enviada uma carta ao cliente e a reclamação arquivada.

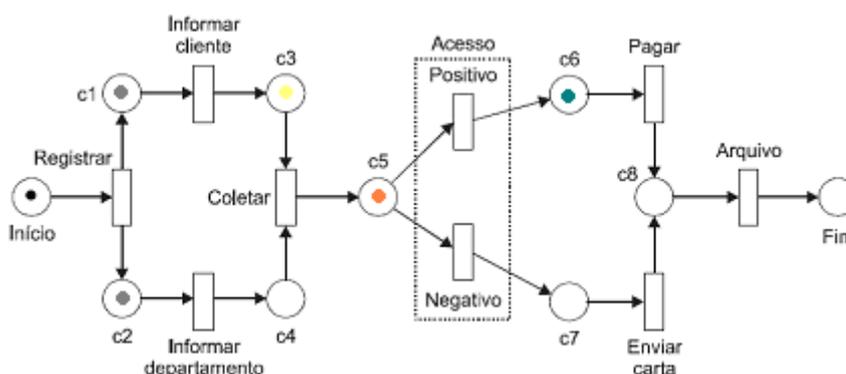


Figura 3.10 - O processo de gerenciar reclamação

Observe que em ambos os casos da avaliação (negativa ou positiva) após realização da respectiva tarefa associada à decisão, são necessários arquivar a reclamação. Por conta disso, a tarefa arquivar aparece apenas uma vez no *workflow* após a junção (*OR-Join*) dos caminhos alternativos.

### 3.6 WORKFLOW-NET (WF-NETS)

WF-Nets são, essencialmente, RdP acrescidas de algumas particularidades voltadas à modelagem e análise de processos de negócio e *workflows*. De maneira semelhante às RdP clássicas, as WF-Nets possuem lugares, transições, arestas (com peso) e fichas.

*Workflow-net* é uma rede de Petri que representa um processo de *workflow* [AALST, HEE, 2001], com algumas propriedades especiais para a modelagem de processos de *workflow*. Antes de analisar estas propriedades, é necessário estabelecer alguns conceitos usados no estudo de *workflows* e seu mapeamento em RdP vistos anteriormente [AALST, 98]:

Tarefa: parte do trabalho a ser realizado. Normalmente, uma tarefa é atômica, não pode ser subdividida em tarefa menor. Em uma *WF-Net*, as tarefas são representadas por transições.

- Recurso: quem realiza a tarefa, podendo ser humano ou não (impressora, software, etc). Um recurso fica ocupado durante o tempo que estiver realizando uma tarefa.

- Classe de recursos: conjunto de recursos. Em geral, o sistema de *workflow* não determina o recurso que vai realizar a tarefa, mas a classe de recursos (por exemplo, a tarefa

imprimir vai ser realizada por uma impressora, não especificando qual delas – se houver mais de uma disponível).

- Gerenciador de recursos: controla a alocação de recursos para as tarefas. Em uma *WF-Net*, o gerenciador de recursos é modelado por uma sub-rede ligada às tarefas, responsável pela alocação dos recursos (representados por fichas).

- Procedimento: conjunto (parcialmente) ordenado de tarefas, classes de recursos, atividades de controle e sub-procedimentos. O procedimento é uma RdP, composta de transições (tarefas ou atividades de controle) e lugares (condições) ligando estas transições.

- Atividades de controle: fazem parte de um procedimento e servem para especificar o roteamento do trabalho dentro do procedimento e a sincronização entre as tarefas. Também são representadas como transições em *WF-Nets* e fazem parte das conexões básicas.

- *Case (job)*: processo que modela a execução do trabalho em um procedimento. Em uma *WF-Net*, um caso é representado pelo fluxo de uma ficha pela rede. A ficha que representa o *caso* é chamado *job token* (há outros tipos de fichas, como os que representam os recursos). O estado de um *caso* é dado pela marcação da rede em um determinado instante. É possível que um procedimento tenha mais de um caso simultaneamente (mais de um *job token* fluindo pela rede).

Em resumo, uma *WF-Net* é uma RdP representando um procedimento, onde as transições modelam tarefas ou atividades de controle e o fluxo das fichas por esta rede representa os casos executados. Além disso, quando há a necessidade de gerenciamento de recursos, uma sub-rede deve ser anexada a ela.

A Figura 3.11 ilustra uma *WF-Net*, onde as transições  $t_1$ ,  $t_2$  e  $t_3$  representam tarefas e  $c_1$  e  $c_2$  representam atividades de controle (*AND-split* e *AND-join*, respectivamente).

Outro aspecto interessante do modelo de *WF-Nets* é a decomposição de cada tarefa em uma rede com quatro lugares e cinco transições, que interagem com o recurso e o gerenciador de recursos (Figura 3.12) [AALST 98].

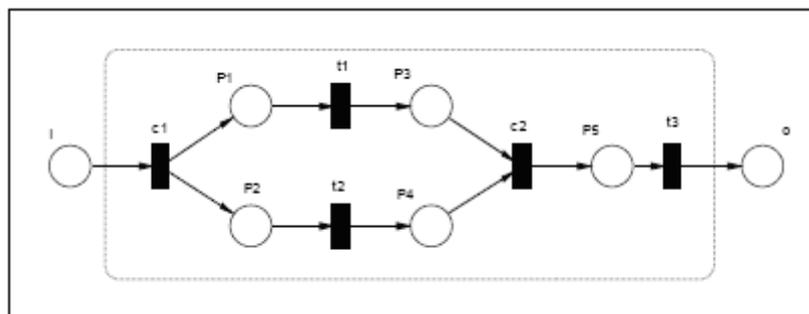


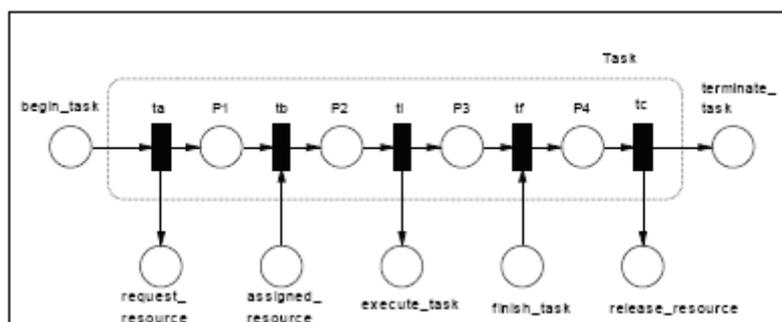
Figura 3.11 – Exemplo de *Workflow-net*

Figura 3.12 – Estrutura de uma tarefa

No modelo da Figura 3.12, os cinco lugares que aparecem associados a cada uma das transições (*request\_resource*, *assigned\_resource*, *execute\_task*, *finish\_task* e *release\_resource*) representam a interação com o gerenciador de recursos e com o recurso (quem realiza a tarefa). O *request\_resource* indica ao gerenciador que a tarefa deseja um determinado recurso. Após a alocação deste recurso, o gerenciador coloca uma ficha em *assigned\_resource*, para dar prosseguimento à tarefa. Os lugares *execute\_task* e *finish\_task* marcam, respectivamente, o início e o final da tarefa (iteração com o recurso). Finalmente, o *release\_resource* indica ao gerenciador que a tarefa foi encerrada e o recurso está novamente liberado. Portanto, uma tarefa está ligada a duas sub-redes, uma representando o gerenciador de recursos (que tem *request\_resource* e *release\_resource* como lugares de entrada e *assigned\_resource* como lugar de saída) e outra representando a “lógica” da tarefa executada pelo recurso (tem *execute\_task* como lugar de entrada e *finish\_task* como lugar de saída).

O modelo de *WF-Nets* também permite distinguir quatro formas de execução das tarefas (disparo de transições): automática (transição disparada assim que habilitada), pelo usuário, por um evento externo (mensagem) e por tempo.

A noção de *WF-Nets* e a decomposição de cada tarefa é observada de acordo com o modelo da Figura 3.10, sendo exemplo de um processo em ambientes colaborativos, que serve como base para uma representação e coordenação de um modelo utilizando o formalismo das Redes de Petri. O mesmo formalismo, a ser utilizado para a realização da modelagem dos processos de negócios.

### 3.7 ANÁLISE

Através da verificação das características estruturais tais como confiabilidade, limitação, alcançabilidade e bloqueio são possíveis figurar o fluxo do processo, analisando quais os caminhos percorridos por cada evento. Além das interessantes características de modelagem, tais como simplicidade da notação gráfica, formalidade da notação matemática e modelo de descrição hierárquico (encapsulamento de detalhes), as RDP também oferecem importantes ferramentas de análise do sistema modelado.

As análises de verificação são realizadas para garantir que a rede esteja corretamente definida e corresponda com exatidão ao sistema modelado. A verificação dos fluxos lógicos dos processos permitirá a detecção de erros e diagnóstico.

Neste tipo de análise é verificado se a rede apresenta deadlocks, se atinge algum estado não permitido, se há transições mortas, etc. As análises de verificação são baseadas em propriedades das RDP, dentre as quais se destacam:

#### 3.7.1 Alcançabilidade (*Reachability*)

Propriedade comportamental de rede de Petri utilizada para o estudo de propriedades dinâmicas. Indica a possibilidade de atingirmos determinada marcação  $M'$  a partir de uma marcação inicial. Ou seja, existe uma seqüência de transições, que disparada levam a marcação  $M'$ .

Dada uma marcação  $M'$  determinar se  $M'$  pertence ao conjunto de todas as marcações obtidas a partir da marcação inicial. A solução desse problema é importante pois caso se conheça as marcações em que o sistema fica em deadlock, é possível verificar se esses estados são alcançáveis ou não.

A ferramenta utilizada para análise da alcançabilidade de uma rede é o grafo de alcançabilidade. Ele especifica o possível comportamento do processo modelado usando a seguinte construção:

- Consiste de nodos e arcos dirigidos
- Cada nodo representa um estado alcançável (marcação)
- Cada arco uma possível mudança de estado

### 3.7.2 Vivacidade (*Liveness*)

Há algum estado ou seqüência de estados que não será mais alcançado, indicando um possível bloqueio (*deadlock*).

Com um possível bloqueio, uma transição torna-se não acessível, o que corresponde a uma tarefa no workflow que poderá nunca ser executada. Utilizando a ferramenta Woflan, a informação fornecida pelo Woflan é útil mas não necessariamente completa devido a existência de um bloqueio. Entretanto, sob a suposição da limitação, a informação fornecida pela ferramenta é completa e exata.

### 3.7.3 Reversibilidade

A propriedade de reversibilidade faz com que seja possível retornar ao estado inicial.

### 3.7.4 Limitação (*Boundness*)

No máximo quantas fichas permanecerão em um lugar.

Uma RdP é dita  $k$ -limitada se o número de fichas em cada lugar nunca exceder  $k$ . Para o caso de  $k = 1$ , a RdP é chamada de segura (*safe*).

Persistência: o disparo de duas transições habilitadas é independente, ou seja, o disparo de uma desabilita a outra.

Duas transições com disparos dependentes indicam um “conflito”, pois apenas uma das duas será disparada (OR lógico).

Distância síncrona: indica o nível de dependência mútua entre duas transições.

A análise de validação testa se a rede funciona como esperado. Os testes são feitos por meio de simulação interativa de situações fictícias para verificar se a rede as trata corretamente. A informação detalhada na propriedade de limitação fornecido por Woflan consiste no jogo de lugares livres.

Em resumo, RdP apresentam um forte suporte teórico para a análise e um grande número de técnicas de simulação, o que, juntamente com as já comentadas características de modelagem, as tornam ferramentas adequadas para o planejamento de animações interativas e sistemas e *workflow* [AALST 98].

### 3.7.5 Soundness

No tratamento da extensão WF-net propriedades adicionais específicas são definidas. Dentre elas destaca-se a seguinte propriedade Soundness.

Várias propriedades estruturais podem ser analisadas em uma rede de Petri, verificando se está correta. Uma das características mínimas quando trabalhamos com workflow-net é que ela seja Sound (sólida). Essa propriedade garante que:

- Para cada marca colocada no lugar início, uma (e apenas uma) marca aparece no lugar fim, ou seja, todo caso será concluído com sucesso após algum tempo;
- Quando a marca aparece no lugar fim, todos os outros lugares estão sem marca, ou seja, ao se concluir um processo, não existem marcas remanescentes;
- Para cada transição (tarefa) é possível mover do estado inicial até o estado no qual essa transição é habilitada, ou seja, não é passível de tarefas mortas.

Esta análise é possível através do grafo de alcançabilidade da rede. Os pontos a serem verificados são:

- Verificar se o grafo possui apenas um estado final;
- Se o estado inicial possui apenas uma marca, o grafo deve apresentar apenas uma marca no estado final;
- Para cada tarefa, verificar se existe uma mudança de estado no grafo que corresponda ao disparo da tarefa.

Uma observação interessante é que o *soundness* corresponde a vivacidade e limitação. Em consequência, as técnicas de análise e as ferramentas podem ser aplicadas para verificar a exatidão de um projeto de *workflow*. A experiência prática mostra muitos erros que podem ser detectados verificando a propriedade do *soundness* [AALST, 2002].

## 3.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os modelos utilizados para sistemas a eventos discretos, para tornar a modelagem e a simulação de forma dinâmica, foi escolhida as RdP para a modelagem dos processos de negócios.

Devido a sua combinação entre a fundamentação matemática, representação gráfica e possibilidade de simulações e verificações, foram as principais vantagens encontradas nas

RdP para a realização da modelagem dos processos de negócio.

As RdP acrescidas de algumas particularidades, são as *workflow-nets* que representa um processo de workflow. Com as propriedades das RdP, suas técnicas de análise, simulação e as ferramentas aplicadas, verificam a exatidão de um projeto de *workflow*.

De acordo com Aalst [2002], o processo de negócio dispense maior tempo em um “tempo de espera”, seja espera em um processo interno ou externo, sendo este o maior motivo para o processo ter um longo período para sua finalização, com a simulação do modelo, será possível verificar o motivo deste tempo de espera e buscar uma situação favorável, inclusive no estudo de caso que veremos a seguir, nota-se um longo tempo em espera.

No capítulo a seguir, será verificado através de um estudo de caso que, no processo de vendas, em vários momentos aguarda-se uma resposta interna ou externa para que o processo possa continuar. Com o formalismo das Redes de Petri, será modelado o processo de vendas de uma empresa do ramo automotivo.

## 4 CAPÍTULO IV - METODOLOGIA PROPOSTA PARA REALIZAÇÃO DA MODELAGEM DOS PROCESSOS DE NEGÓCIO

### 4.1 INTRODUÇÃO

Modelar os processos de negócios inclui a transformação da lógica dos processos em uma representação formal. A tecnologia de informação contribuiu para mudanças dos processos de negócio dentro e entre as empresas. Mais e mais processos do trabalho estão sendo conduzidos sob a supervisão dos sistemas de informação que são dirigidos por modelos de processo. A estrutura do modelo organizacional é extremamente volátil em razão das constantes mudanças nas regras dos negócios. A evolução dos sistemas torna-se inevitável, uma vez que os processos do negócio modificam-se por causa de reformas organizacionais e mudanças no ambiente externo. Assim, os modelos de negócios influenciam dois fatores responsáveis por mudanças: dados sobre o sistema do negócio e regras do sistema [PADUA, SILVA, PORTO, 2004].

Um processo de negócio consiste em um ou mais eventos. Poder gerar variáveis possíveis para cada evento, permite uma interação entre processos e pessoas. Há uma quantidade significativa de metodologias para representação dos processos de negócios, ou mesmo para simplesmente elaborar fluxogramas<sup>2</sup>. O método proposto é a transformação de componentes de fluxograma em construções e modelos WF-net. Os componentes são os modelos de processo independentes que podem ser usados para projetar processos do *WF-net*. Esta aproximação acelera o processo e a validação do modelo.

As RdP são uma ferramenta estabelecida para modelar e analisar processos. De um lado, as RdP podem ser usadas como uma linguagem do projeto para a especificação de *WF-nets* complexos. De outro lado, a teoria da rede de Petri fornece técnicas de análise que podem ser usadas para verificar a exatidão de procedimentos do *WF-net* [AALST 1998].

---

<sup>2</sup> Entre as metodologias de fluxograma destaca-se a ISO 1028 (Processamento de Informação – símbolos para fluxograma), que padroniza uma série de símbolos para uso em processo de negócios.

Os problemas do *WF-net* podem ser modelados e analisados usando o formalismo gráfico baseados em RdP. Na modelagem e execução de processos de negócio são relevantes as seguintes perspectivas:

- Fluxo de controle ou processo;
- Recurso;
- Dados;
- Tarefas;
- Operação.

## 4.2 ESTUDO DE CASO

O Método do Estudo de Caso é um método das Ciências Sociais e, é um dos vários modos de realizar uma pesquisa sólida. Outros modos incluem experiências vividas, histórias, e a análise de informação de arquivo (como em estudos econômicos).

Para conduzir as ações ao sucesso corporativo, as organizações precisam dispor de diferentes estratégias, estando elas focadas em diversos níveis do trabalho. A vantagem competitiva que uma organização poderá eventualmente ter, dependem de estratégias que sirvam não apenas como resposta ao meio ambiente em que está inserida, mas também pelo resultado das ações que estas estratégias realizarão no meio ambiente, influenciando-as a seu favor [PORTER,1989].

Deve-se ressaltar também que a simples implantação de um sistema de gestão empresarial não é a única responsável pela equalização estratégica entre empresas concorrentes. O fator competitivo de uma organização irá depender, em muitos casos, da maneira como o desenvolvimento do processo de transformação da análise contextual em recursos de informação e conhecimento é conduzido e que a possibilite se diferenciar dos seus concorrentes. Ela precisará desenvolver mecanismos de tratamento de dados e informações integrados, considerando o ambiente em que está inserida e que a habilite a traçar estratégias de ação, focadas em um sistema de gestão empresarial amparado por um processo de identificação e condução das mudanças organizacionais.

Modelar processos do negócio consiste nas seguintes fases:

- Examinar e modelar a estrutura organizacional;
- Examinar e modelar os processos existentes do negócio e;

- Criar uma base dos processos do negócio da companhia; verificando os processos do negócio; analisando os pontos fracos; modelando processos avançados do negócio [VIDOVIC, VUKSIC, 2003].

O estudo de caso é realizado em uma indústria do ramo automotivo, e para este trabalho, foi escolhido o processo de vendas para ser realizada a modelagem formal através das *WF-nets*. Para que o objetivo principal deste trabalho seja alcançado, serão utilizadas as ferramentas WoPeD e Woflan para auxiliar o processo e a realização de simulações.

A metodologia aplicada para este estudo será uma pesquisa documental, essa técnica consiste na identificação, coleta e análise de toda a documentação, visando ampliar o conhecimento do processo em estudo, principalmente em relação aos seguintes aspectos: histórico dos problemas anteriores, alternativas adotadas para solucioná-los e problemas legais envolvidos [D'ASCENÇÃO, 2001]. As documentações dos processos, normalmente são encontradas através de cartas, memorandos, comunicados, procedimentos, agendas, planos, propostas, relatórios, cronogramas, jornais internos etc. Estes documentos ajudam a estabelecer com clareza os títulos e os nomes das organizações mencionadas e inferências podem ser feitas a partir da análise da qualidade dos registros e dos documentos, como por exemplo, definir para quem determinados memorandos eram enviados e assim por diante. Por isso, é importante tentar extrair das situações as razões pelas quais os documentos foram criados.

Esta pesquisa documental foi realizada na empresa Indústria do Brasil Ltda.(nome fictício), para haver uma compreensão dos mecanismos chaves de um negócio existente, atuando como base para simular a atual estrutura deste processo de negócio e suas operações e, buscando demonstrar uma estrutura de um negócio com melhor desempenho.

Praticamente todas as empresas se organizam em torno de quatro processos centrais fundamentais, dos quais depende, em última análise, a sua capacidade de proporcionar significativo valor do cliente, fator de sobrevivência e crescimento:

1. O processo de elaboração do produto,
2. O processo de geração de pedidos,
3. O processo de execução de pedidos, e
4. O processo de atendimento ao cliente.

Todos os demais processos, tais como o financeiro, o de recursos humanos ou o jurídico, existem para servir de apoio e medir o sucesso desses quatro processos centrais.

O resultado/produto tem um receptor identificável, que define sua finalidade, suas características e seu valor, seja esse receptor um cliente externo ou interno.

Com relação ao fluxo do processo propriamente dito, numa primeira análise podem-se encontrar alguns desperdícios em processos de manufatura como: desperdícios de tempo com esperas por informações, retrabalho de tarefas, mudanças no tratamento das informações, desperdícios de processamento por parte das áreas que processam os dados recebidos e realizam análises de impactos (ainda que parciais e incompletas). Estas últimas análises posteriormente acabam não sendo utilizadas adequadamente, por falta de um processo e ferramentas apropriadas.

Mais especificamente em relação a processos administrativos, como no caso estudado nesta dissertação, apontam-se vários desperdícios que podem ser identificados pelo mapeamento destes processos: departamentos gargalo para análise, múltiplas iterações entre os participantes do processo, proliferação de pontos de confirmação de informação, múltiplas cópias e distribuições de documentos (ou neste caso, informações eletrônicas), falta de rastreabilidade apurada da análise feita em cada caso, e da racionalidade utilizada em cada decisão. Além disso, tais processos estão sujeitos a eventuais tentativas de aceleração por vias não usuais ou oficiais, por exemplo, aproveitando-se da hierarquia para forçar uma determinada decisão.

É possível estruturar o processo de tomada de decisão para mudanças de uma forma objetiva e racional, seguindo os preceitos das teorias sobre tomada de decisão e identificando oportunidades para a racionalização deste processo, tanto sob a perspectiva da qualidade de informação resultante de aspectos comportamentais, como sob a perspectiva do próprio fluxo do processo (rapidez, fluidez e utilização correta dos recursos) [ROLDAN, MIYAKE, 2004].

#### 4.3 MODELAGEM ATRAVÉS DE FLUXOGRAMA – PESQUISA DOCUMENTAL

Para realizar um comparativo do estado atual e da proposta de modelagem formal, através de pesquisas documentais na empresa em estudo [YIN, 2001], visualiza-se que na empresa Indústria do Brasil, o seu procedimento de vendas é representado através de um fluxograma (Figura 4.1). Fluxograma é uma técnica de representações gráficas que se utiliza de símbolos previamente convencionados, permitindo a descrição do fluxo, ou seqüência, de um processo, bem como sua análise e redesenho [D'ASCENÇÃO, 2001]. É um gráfico que

representa com racionalidade, lógica, clareza e síntese, rotinas ou procedimentos que envolvam documentos, informações recebidas, processadas e emitidas, seus respectivos responsáveis e/ ou unidade organizacional.

O fluxograma representa uma seqüência de trabalho qualquer, de forma detalhada ou sintética, onde as operações ou os responsáveis e os departamentos envolvidos são visualizados nos processos. O termo fluxograma vem do inglês *Flow-chart*, sendo também conhecido como carta de fluxo do processo, gráfico de seqüência, gráfico de processamento dentre outros.

Esta ferramenta permite explicitar o funcionamento de qualquer operação, por mais complexa que seja, de forma clara e lógica, facilitando a identificação de etapas problemáticas, desnecessárias ou mesmo inexistentes [HANSEN, 1997].

Pode-se dizer que o fluxograma é uma ferramenta eficaz por hoje atender as necessidades da empresa. Mas também, pode-se dizer que não é uma ferramenta completa, que lhe demonstre um melhor desempenho do processo, pois o fluxograma não realiza a verificação lógica dos fluxos de processos, avaliação de tempo, prioridades, recursos e eficácia do processo.

O fluxograma visa o melhor entendimento de determinadas rotinas administrativas, através da demonstração gráfica. Já com o formalismo das RdP, além de uma demonstração gráfica, é possível modelar e analisar de uma forma dinâmica o fluxo do processo de vendas, analisando quais os caminhos percorridos por cada evento, avaliando também o tempo do processo, propriedades de bloqueios e recursos utilizados, tornando sua funcionalidade eficaz e eficiente para empresa. A proposta, portanto, é a utilização desta forma de conhecimento existente na empresa através de seu mapeamento e tradução em formalismo baseado em rede de Petri.

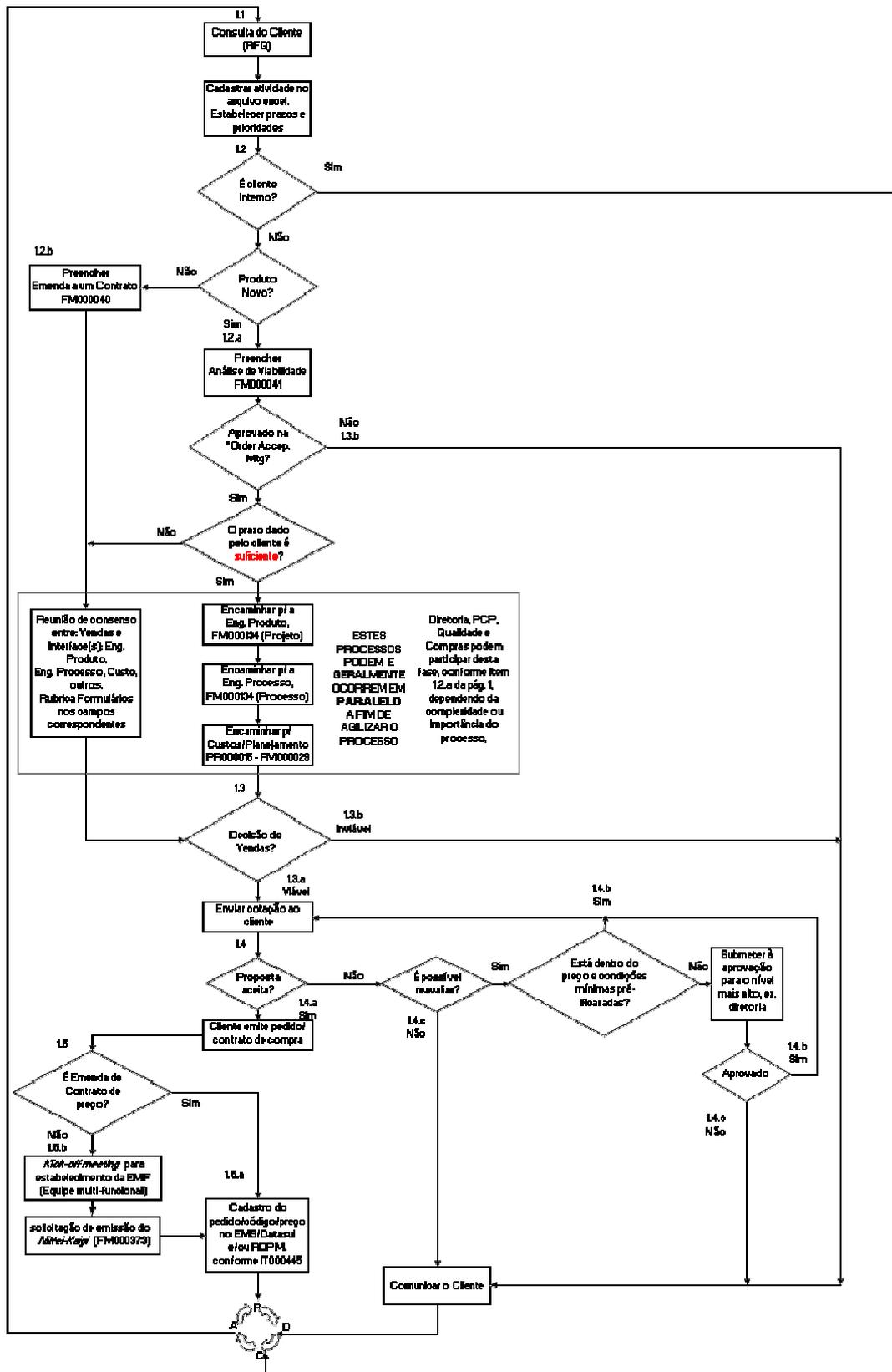


Figura 4.1: Fluxograma do processo de vendas

#### 4.4 MODELAGEM ATRAVÉS DE REDES DE PETRI

A seguir, são sugeridos alguns passos básicos para a construção da modelagem, segundo recomendações metodológicas efetuadas nos capítulos anteriores:

- Determinar e conhecer os processos de negócios.
- Identificar todas as atividades de cada um dos processos de negócio.
- Estabelecer o tempo de duração da execução de cada uma das atividades.
- Listar os recursos comuns entre os processos.
- Identificar os relacionamentos entre atividades, recursos e processos.
- Definir as informações necessárias para a execução de cada um dos processos.

Em outros estudos [DONG, CHEN, 2004; PADUA, et al., 2004], foi analisada a modelagem dos processos de negócio através das RdP. Através das RdP, é possível figurar o fluxo do processo, analisando quais os caminhos percorridos por cada evento, avaliando também o tempo do processo, propriedades de bloqueios, mas ainda não é possível avaliar a eficiência do processo em estudo.

O modelo do processo de vendas (Figura 4.2) foi realizado com a utilização da ferramenta Woped. Visualmente, existe uma semelhança entre o processo de vendas realizado através do fluxograma e a estrutura do modelo em RdP. A diferença entre os dois modelos, está presente na possibilidade de inserção de recursos e simulação de capacidade que o processo possui.

A tradução do conhecimento em fluxograma para os modelos em RdP facilita o processo de compreensão do ambiente empresarial, permitindo uma representação da estrutura, das atividades, dos processos, das informações, dos recursos, do pessoal, do comportamento, dos objetivos e das restrições das empresas, colaborando no entendimento das complexas interações através de simulações entre a organização e as pessoas.

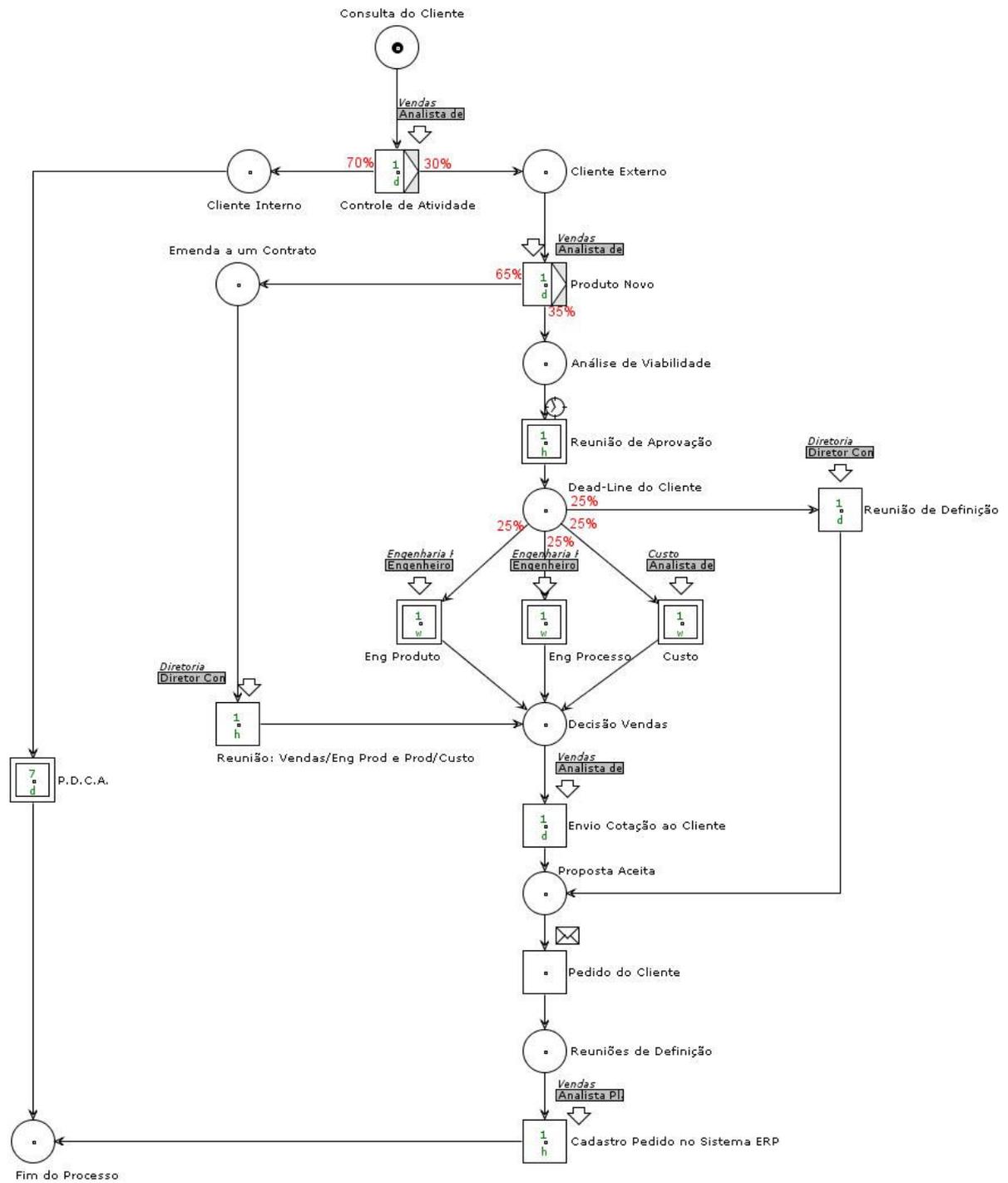


Figura 4.2 - Processo de vendas modelado em Redes de Petri

#### 4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo selecionou-se o estudo de caso como metodologia para a modelagem dos processos de negócios. O processo em estudo foi o processo de vendas de uma empresa do ramo automobilístico.

Através da pesquisa documental, apresentou-se a forma de conhecimento da empresa através de fluxograma, o qual pode ser mapeado e traduzido através do formalismo das Redes de Petri.

No próximo capítulo serão tratadas as perspectivas de aplicação do modelo, suas ferramentas, simulação e análises.

## **5 CAPÍTULO V – APLICAÇÃO DO MODELO NA ANÁLISE DOS PROCESSOS DE NEGÓCIO.**

### **5.1 INTRODUÇÃO**

Com a modelagem formal e suas diversas aplicações, podem-se gerar alguns ganhos importantes para a organização, como a uniformização de entendimentos sobre a forma de trabalho e uma melhoria do fluxo de informações, bem como a padronização dos processos e uma melhoria da gestão organizacional o que poderá oferecer uma redução de tempo, recursos e custos dos processos.

A empresa Indústria do Brasil em estudo é uma indústria multinacional do ramo de autopeças, situada na Cidade Industrial de Curitiba, Paraná.

Dentre os vários processos existentes na empresa, foi escolhido o processo de vendas como exemplo para a realização da modelagem. A escolha deste processo foi devido ao envolvimento de recursos de diversas áreas (inter-organizacional), representando um importante processo para empresa. Através deste processo que se encadeiam os demais processos existentes na organização. A modelagem e análise de diversos cenários deste processo ira contribuir para o sistema de gestão e estudos futuros para uma modelagem completa dos processos da organização, permitindo aos gestores planejar e formular estratégias para o melhor desempenho dos processos.

### **5.2 FERRAMENTAS**

Para entender a aplicabilidade de ferramentas de Tecnologia da Informação (TI), é necessária pensar no seu propósito, respondendo as seguintes perguntas: Onde uma ferramenta de TI seria mais útil no gerenciamento de processo de negócio (BPM)? Uma ferramenta de modelagem seria a única aplicável? Somente o planejamento prescinde de uma ferramenta de apoio ao BPM?

Ao analisar as ferramentas de TI sobre a visão do Ciclo de BPM, exposto no

capítulo 2, envolve-se quatro atividades básicas:

- Planejamento;
- Modelagem e otimização de processos;
- Execução de processos;
- Controle e análise de dados.

Provavelmente não haverá ferramenta de TI que não se aplique a alguma fase de processo de negócio. Qualquer uma delas pode encontrar em sua utilidade em pelo menos uma das fases do BPM, dependendo do processo de execução, ou ao menos ser utilizado na infra-estrutura [BALDAM et al, 2007].

A TI tem facilitado intensamente a implantação de melhorias de processo de negócios. Padronização de linguagem de modelagem de software (UML, por exemplo), uso de interfaces padronizadas para banco de dados e pesquisa (ODBC), padronização de protocolos de comunicação (XML, SMTP) são alguns exemplos das muitas iniciativas na área.

A figura 5.1 mostra a classificação das ferramentas de TI, aplicadas no âmbito do BPM, de acordo com seu uso em processo. A localização do referido trabalho também é indicada (ferramentas de modelagem, análise e simulação).

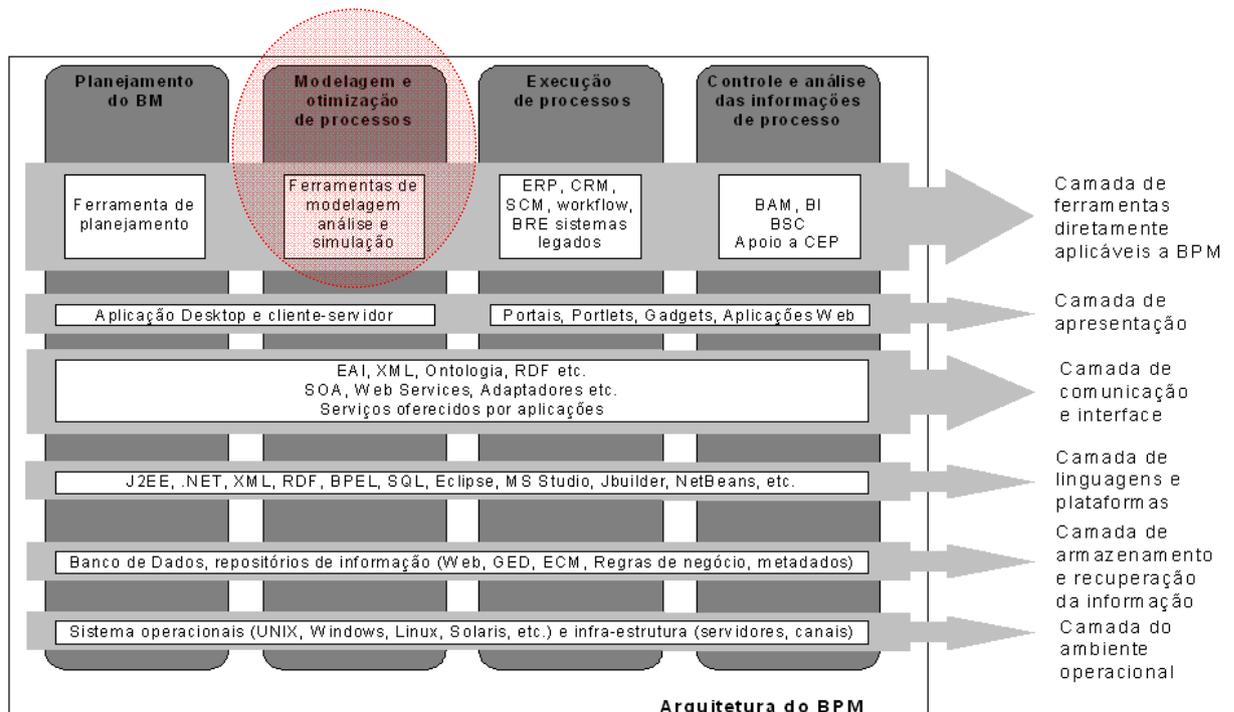


Figura 5.1: Referência de arquitetura para ferramentas de TI aplicáveis ao BPM

[BALDAM et al, 2007].

Atualmente as ferramentas *workflow* em geral não apresentam suporte para verificação e análise. Erros cometidos na etapa de projeto não são detectados resultando em falhas de alto custo na etapa de execução em sistema. A ferramenta WoPeD [FREYTAG, 2005] suporta, além da modelagem e análise de redes de Petri ordinárias, a modelagem e análise de redes WF-net através de sua sintaxe (transições *split* e *join* e os tipos de disparo por recurso, tempo, mensagem). Em associação com Woflan [AALST, 1999], permitem uma verificação semântica e detecção dos referidos erros. Propriedades estruturais e quantitativas ligadas às redes *WF-net* são utilizadas para verificação da coerência do processo de negócio. Estas ferramentas enquadram-se na parte indicada na figura 5.1, em concordância às etapas do ciclo de desenvolvimento proposto no capítulo 2.

Para a modelagem neste estudo, o critério para definição de quais ferramentas seriam utilizadas, foi avaliada a utilização de ferramentas gratuitas, que suportem a modelagem de processos com um embasamento formal em RdP. Em igual importância, tem-se o atendimento do critério de reusabilidade dos modelos criados em ferramentas de execução de *workflow*, através da padronização de formatos como PNML, WF-net, dentre outros citados no capítulo 2.

A modelagem formal através destas ferramentas gratuitas, poderão ser transferidas para uma ferramenta comercial, como o INCOME, que poderá ser utilizada pela organização nas fases de execução e monitoramento. Esta seria uma fase sugerida como tema de trabalhos futuros.

O INCOME Simulator (Figura 5.2) é uma ferramenta que irá principalmente realizar uma simulação dinâmica, projetada para apoio estratégico e para a tomada de decisão. Diferentes variantes do processo podem ser verificados através de análise e avaliados como, por exemplo, os recursos e custos. A abordagem baseia-se num método cientificamente comprovado e testado. As análises lhe permitem identificar potenciais melhorias de gestão e permitem análises sistemática de todo o processo ao rodar uma simulação ou em processo de execução (diagnostico).

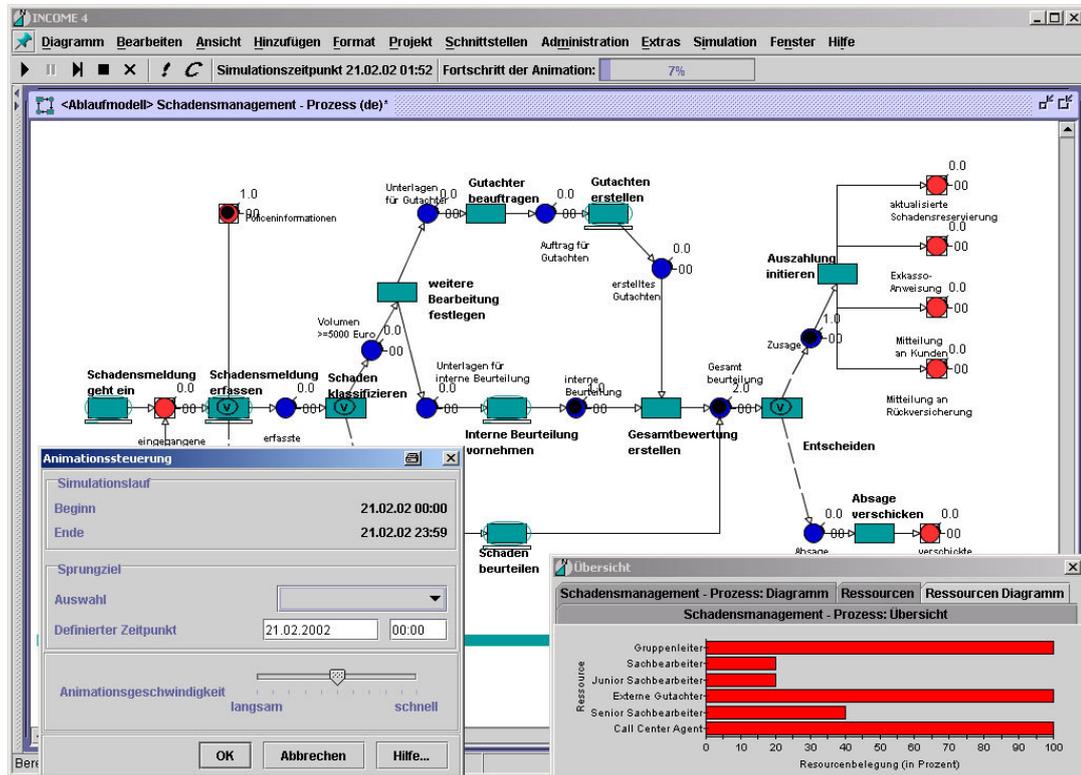


Figura 5.2 – Ferramenta INCOME

### 5.3 SIMULAÇÃO E ANÁLISE DO MODELO

Através das ferramentas Woped e Woflan, ao gerar o modelo do processo de vendas, foi possível realizar a simulação e obter resultados de análises de acordo com as figuras 5.4, 5.5 e 5.6.

O objetivo do uso das técnicas de análise é orientar a etapa de projeto na construção de especificações corretas do processo. A análise de *workflow* é classificada em duas áreas: análise estrutural e análise de desempenho. A análise estrutural em redes de Petri cobre a dimensão do processo, auxiliando na verificação e encontro de uma solução ótima para modelagem da estrutura lógica dos fluxos de processos. A análise de desempenho visa uma avaliação quantitativa do processo de negócio, em seu comportamento esperado antes de sua implantação. O comportamento é investigado, por exemplo, no tempo acumulado de espera, tempo de serviço, tempo de atravessamento e custos [GIRALT, 2003]. Ressalta-se que análise de desempenho em processos organizacionais é um processo complexo dado a grande variabilidade nos tempos de execução, demandando, portanto estudos aprofundados.

Com a avaliação e verificação in loco do procedimento de vendas da empresa

Indústria do Brasil e realizando um comparativo entre o modelo utilizado pela empresa (fluxograma) e o modelo apresentado de forma formal (figura 5.3), logo no início do processo conseguimos visualizar através do modelo em RdP, a utilização dos recursos com maior ênfase para atendimento de atividades internas, do que a busca ou manutenção do cliente.

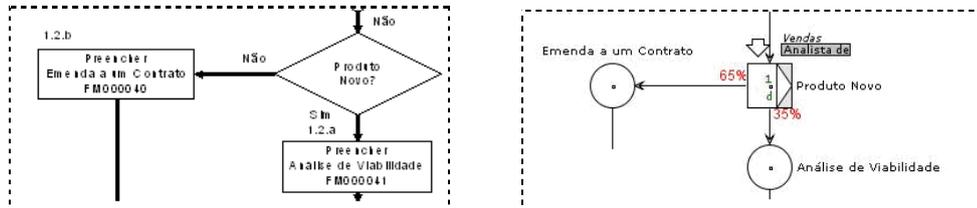


Figura 5.3 – Comparativo de Modelos em Fluxograma e Redes de Petri

Com a simulação, no início do processo, verifica-se que a empresa, em seu processo de vendas, dispense seus maiores esforços para realizar trabalhos internos, e não realizando atividades externas, como, visitas aos clientes, prospecção de novos negócios, estudos de mercado, atividades que buscam a lucratividade da empresa.

Com a modelagem, é possível demonstrar formalmente aos gestores, a realidade do processo e que realizem um planejamento estratégico para que a dedicação da equipe de vendas tenha uma dedicação e esforços maiores em ações com o cliente externo.

De acordo com a Figura 5.4 e Figura 5.5, foi possível verificar que o modelo formal apresentou estrutura lógica correta, que infere as propriedades como vivacidade e ausência de bloqueios (não existem fluxos lógicos inúteis ou bloqueio de tarefas por ausência de recursos), limitação (*safe* - não existem aumento nos processos) e *soundness* (inerente à condução do processo de negócio).

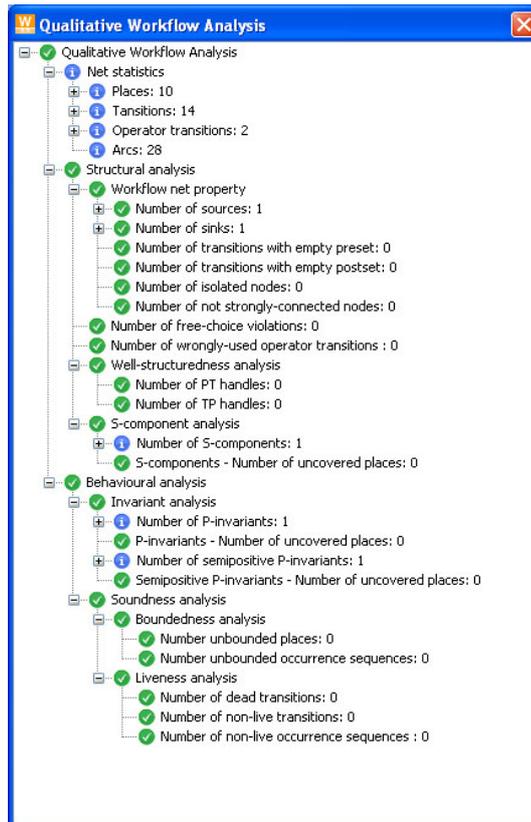


Figura 5.4 – Resultado da Análise do Modelo de Processo de Vendas através da ferramenta Woped

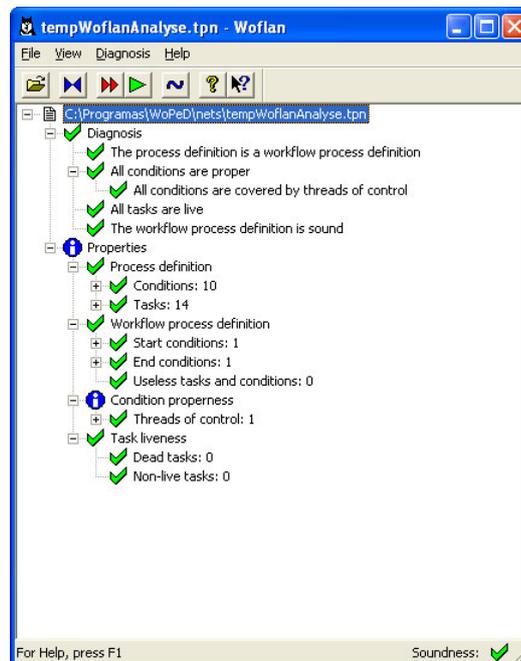


Figura 5.5 – Resultado da Análise do Modelo de Processo de Vendas através da ferramenta Woflan

O desempenho do processo (Figura 5.6) pode ser analisado através da simulação de seu fluxo das atividades, com a utilização de recursos e definições de tempo. Para tal, segue-se um cronograma pré-estabelecido, resultando no modelo onde é possível visualizar em qual atividade está ocorrendo o atraso ou ociosidade de tempo e recurso, auxiliando no processo de escalonamento de recursos. Este estudo pode ser mais bem suportado através da ferramenta Woped através do recurso *capacity planning*. Nele existe a preocupação da especificação funcional e organizacional dos recursos podendo-se inferir de forma holística sobre o desempenho da organização no encaminhamento do processo de vendas.

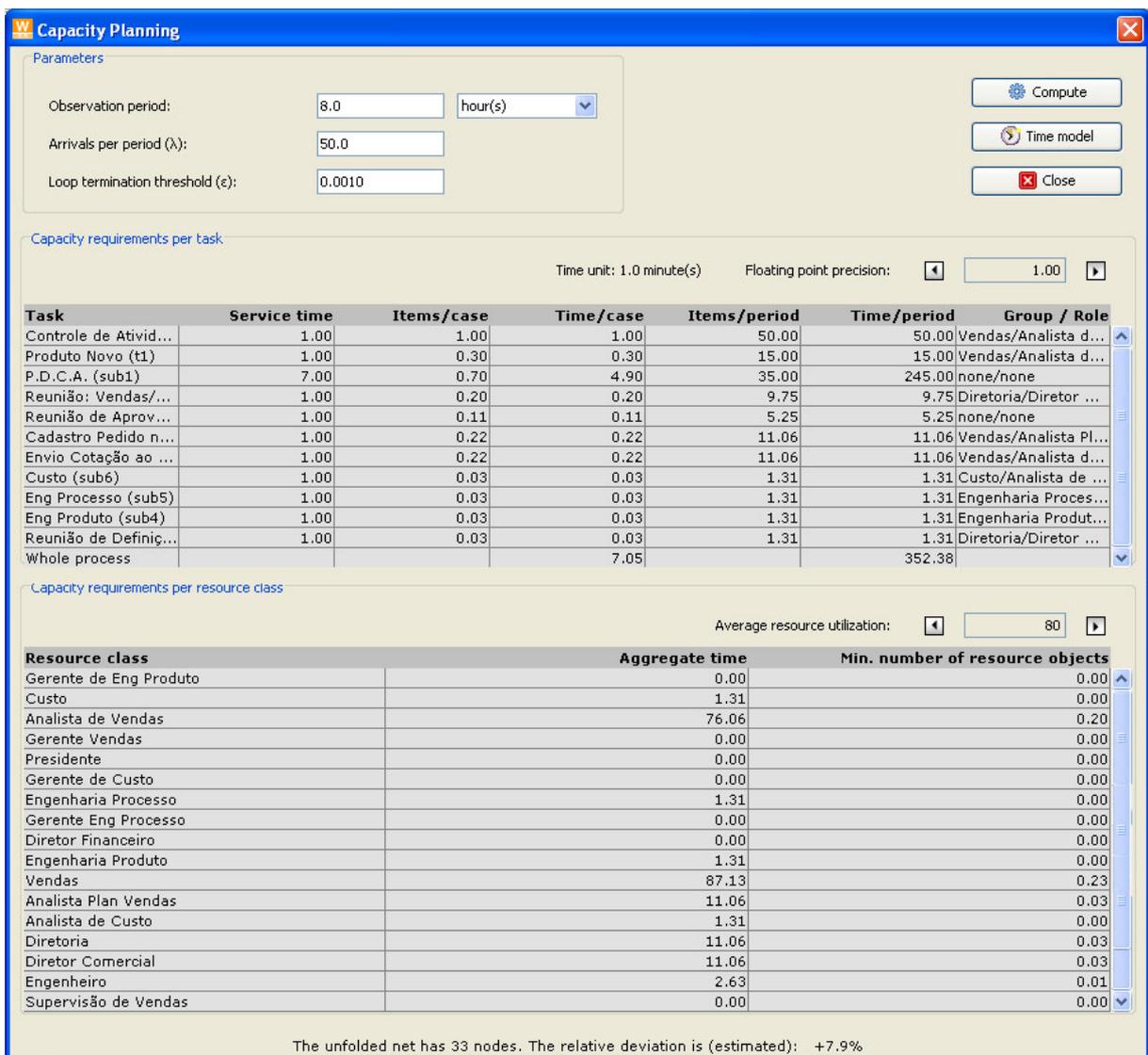


Figura 5.6 - Resultado da Análise do Modelo de Processo de Vendas –  
Woped Capacity Planning

#### 5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foi verificado através das ferramentas Woflan e Woped que o modelo formal *workflow-net* apresentado, resultado do mapeamento do processo de vendas, apresentou consistência lógica e estrutural em seus processos. A simulação dos modelos proporcionou também um melhor entendimento dos fluxos de processos, tempos de execução e utilização de recursos.

Muitas decisões estratégicas são tomadas pelas empresas ao rever os seus processos de negócio. A utilização do formalismo apresentado propicia apoio neste sentido através do desenvolvimento de um modelo referencial e aplicação de técnicas de simulação. Tais modelos poderão ser utilizados para monitoramento dos processos em execução para fins de auditoria ou diagnóstico. Esta é uma perspectiva para trabalhos futuros.

Além disto, sugere-se a extensão da metodologia de modelagem apresentada aos demais processos da organização, que suportados ciclo de desenvolvimento proposto, proporcionara uma visão holística da organização.

## 6 CAPÍTULO VII – CONCLUSÕES

Com um referencial teórico sobre a gestão organizacional, verificou-se a importância que os processos de negócio significam para a organização e a necessidade de uma ferramenta que abranja todos os recursos, de tempo, humano, atividade. Com o decorrer das décadas, observa-se a importância de identificar os processos de negócio, e na década de 90 iniciaram-se estudos com foco na importância destes processos para definir a organização das pessoas e dos demais recursos da empresa. Neste trabalho visualizamos que, o gestor, para tomar suas decisões com maior precisão, precisa conhecer como funcionam os seus processos de negócios para garantir que suas ações estão sendo realizadas de forma correta e que garantam um rigor de análise do processo e transpondo aos resultados almejados pela organização.

Muitas empresas querem organizar-se por processo, mas não possui uma noção clara dos passos a seguir. Cada vez mais as empresas buscam novas tecnologias para melhorar o seu negócio. Para atingir esta importância verificada, fazer com que a empresa organize-se por processo e que por estes meios à empresa produza e entregue seus produtos e serviços aos clientes, identificou-se para o formalismo das Redes de Petri para que a organização tenha o conhecimento de seus processos.

Identificaram-se as Redes de Petri, devido a sua combinação entre a fundamentação matemática, representação gráfica e possibilidade de simulações e verificações, foram estas as principais vantagens encontradas, que contribuiu para a realização da modelagem formal dos processos de negócio. As RdP acrescidas de algumas particularidades, com as suas propriedades e técnicas da análise e as ferramentas aplicadas, verificaram a exatidão de um projeto de *workflow*.

Com o formalismo disponibiliza-se uma análise do processo e não apenas do fluxo do processo e acredita-se que há um grande campo de aplicação a ser explorado. Através do modelo formal, puderam-se investigar algumas propriedades e verificações, como por exemplo, que o processo de negócio dispende maior tempo em um “tempo de espera”, seja espera em um processo interno ou externo, sendo este o maior motivo para o processo ter um longo período para sua finalização.

A modelagem formal do processo emerge como uma nova maneira de enxergar as

empresas. Naturalmente nem todos os problemas da organização podem ser resolvidos a partir desta modelagem. Trata-se de uma forma de organização capaz de ajudar no aumento da eficiência dos processos de negócio e na eficácia de seus resultados.

Uma das vantagens em realizar a modelagem formal, está na implementação e análise dos processos existentes em uma organização, o que irá contribuir para a segurança de que os processos serão realizados dentro das expectativas esperadas.

O uso de métodos formais oriundos das redes de Petri garantiu um rigor matemático nas representações dos processos. As *WF-net* forneceram, além deste rigor, uma representação gráfica simples facilitando tanto a criação, quanto a interpretação do modelo do processo de vendas.

Através do procedimento de vendas, apresentou-se que a empresa demonstra seu conhecimento através de um fluxograma, o qual pôde ser mapeado e traduzido através do formalismo das Redes de Petri. Com a utilização das ferramentas não-comerciais Woflan e Woped, foi verificado que o modelo formal apresentado, ocorreu com sucesso. Com a simulação do modelo workflow-net, verificou-se propriedades estruturais e resultados qualitativos e quantitativos inerentes ao processo de negócio.

Com este estudo foi possível identificar um sistema de gestão de processos de negócio dispondo uma visão holística para a organização através da modelagem formal de seus processos.

Com o modelo, foi possível identificar qual recurso está sendo utilizado, identificando assim a necessidade de melhorar o processo. Verifica-se também se o mesmo está dentro do programado, ou existe a necessidade de um aumento de recurso para que o processo seja realizado com uma maior eficiência, buscando reduzir os tempos de espera.

O trabalho de análises com o uso de *workflow*, está presente em vários *softwares* comerciais, mas ainda não atende todas as necessidades para a visualização do processo como um todo, ou seja, a visão holística da empresa. Através de modelos em redes de Petri desenvolvidos, permite-se a sua migração para ferramenta de execução de *workflow* mantendo-se o formato e usabilidade dos modelos. Esta é a proposta para trabalhos futuros, situando-se nas fases de implementação com o suporte ao monitoramento e diagnóstico dos processos reais existentes, para fins de processos de auditoria e avaliação. Tal ferramenta devera suportar o formalismo e formatos propostos, sendo a mesma o INCOME, obtida em acordo de cooperação com a empresa austríaca *Get-Process*.

O fechamento deste ciclo poderá colaborar de maneira efetiva para tomadas de decisão dos gestores. Sendo este um grande desafio ao gestor, ter efetivamente na organização, uma ferramenta que irá colaborar com o seu melhor desempenho, mas para realizar esta modelagem, geram-se problemas de aceitação cultural e organizacional, a realização de uma modelagem formal de todos os processos de uma organização, não significa estar realizando uma re-engenharia nos processos, mas é necessária uma aceitação por parte de todos os envolvidos em cada processo, pois para o desenvolvimento desta modelagem, é essencial a colaboração de cada pessoa que realiza uma atividade no processo.

Para trabalhos futuros, propõem realizar a modelagem formal de todos os processos de uma organização, os quais poderão ser analisados e simulados, e que irá contribuir aos gestores para obter uma visão holística da organização, verificando se existem melhorias que podem ser realizadas em seus processos o que irá colaborar para o sucesso da empresa. Abri-se a possibilidade da identificação e análise de diferentes cenários, onde a organização irá trabalhar com maior profundidade para uma melhoria contínua.

Muitas empresas ainda não se preocupam com a organização dos seus processos, não visualizando assim, a importância de um conhecimento dos processos da organização, ter a percepção das dificuldades que um processo possui ou melhorias que possam ocorrer e que não são visualizadas pela falta de conhecimento do processo. A forma pela qual a empresa é organizada, que poderá trazer o sucesso ou o seu insucesso. Com a modelagem formal dos processos, irá contribuir de maneira mais efetiva para que os gestores realizem um planejamento e formulem estratégias, tornando a organização cada vez mais competitiva em sua área de atuação.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALST, W. M. P. van der. Workflow Management—Models, Methods and Systems, Beijing: Tsinghua Press, 2004.

AALST, W. M. P. van der. Making Work Flow: On the Application of Petri nets to Business Process Management. Department of Technology Management, Eindhoven University of Technology P.O. Box 513, NL-5600 MB, Eindhoven, The Netherlands, 2002.

AALST, W. V. P. van der; HEE, V. K. Workflow management: models, methods and systems. Cambridge: MIT Press, 2002.

AALST, W. M. P. van der, L. Aldred, M. Dumas, and A.H.M. ter Hofstede. Patterns of Process Modeling, p. 1-25, 2000.

AALST, W. M. P. van der, L. Three good reasons for using a Petri-net-based workflow management. Department of Mathematics and Computer Science, Eindhoven University of Technology, Netherlands, 2000.

AALST, W. M. P. van der. Woflan: a Petri-net-based workflow analyzer. Publisher Gordon and Breach Science Publishers, Inc. Newark, NJ, USA. Volume 35, 1999. Issue 3, ISSN: 0232-9298, pp: 345 – 357.

AALST, W. M. P. van der. The Application of petri nets to *workflow* management. The Journal of Circuits, Systems and Computers, v. 8, n. 1, p. 1-53, 1998.

BALDAM, R., VALLE, R., PEREIRA, H., HILST, S., ABREU, M., SOBRAL, V.. Gerenciamento de Processos de Negócios - BPM - Business Process Management. Editora Erica, 2007.

BEDNY, Gregory Z., KARWOWSKI, Waldemar. Activity theory as a basis for the study of work. Ergonomics, 5 February, Vol. 47, n° 2, 134-153, 2004.

BEDNY, Gregory Z., SEGLIN, Mark H., MEISTER, David. Activity theory: history, research and application. Theor. Issues in Ergon. SCI, Vol. 1, n° 2, 168-206, 2000.

CARDOSO, J., VALETTE, R. “Redes de Petri”. Editora da UFSC, Santa Catarina, 1998.

CHANDRA, Vigyan, HUANG, Zhongdong, KUMAR, Ratnesh. Automated Control Synthesis for an Assembly Line Using Discrete Event System Control Theory, IEEE, 2003, vol. 33, n° 284-289.

CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso Celso. Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e prática. São Paulo: Editora dos Autores, 2006.

CURY, José E. R. Teoria de Controle Supervisório de Sistemas a Eventos Discretos. V Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente. Canela, R.S., 2001.

DAVENPORT, Thomas H. A “catholic” approach to process management. A BPT Column, Process Innovation, February 2004.

DAVENPORT, T. H. Reengenharia de processos. 2ª edição, Editora Campus, Rio de Janeiro: Campus, 1994.

D’ASCENÇÃO, Luiz Carlos Menezes. Organização, Sistemas e Métodos – Análise, Redesenho e Informatização de Processos Administrativos. São Paulo: Editora Atlas, 2001.

DESEL, Jorg; ERWIN, Thomas. Modeling, Simulation and Analysis of Business Processes, 2000. LNCS 1806, pp. 129-141.

DONG, Ming, CHEN, Frank F. Petri net-based *workflow* modeling and analysis of the integrated manufacturing business process. International Journal Manufacturing Technology, 2004.

ERIKSSON, H.; PENKER, M. Business modeling with UML: business patterns a work. John Wiley & Sons, 2000.

ESHUIS, R., DEHNERT, J. Reactive Petri Nets for Workflow Modelling. Proceedings of the 24th International Conference on Applications and Theory of Petri Nets (ICATPN 2003), Eindhoven, The Netherlands, June 23-27. Pages: 296-315.

ESHUIS, R., WIERINGA, R. Comparing Petri Net and Activity Diagram Variants for Workflow Modelling - a Quest for Reactive Petri Nets. Petri Net Technology for Communication-Based Systems: Advances in Petri Nets. 2003, Pages: 321-351.

FISCHER, L. The *Workflow Handbook*. Association with the *workflow* Management Coalition (WfMC). Future Strategies Inc. Lighthouse Point, FL, USA, 2002.

FREITAS, P. J. Introdução à modelagem e simulação de sistemas. Santa Catarina. 1º Edição. Visual Books, 2001.

FREYTAG, Thomas. WopeD – Workflow Petri Net Designer. University of Cooperative Education, 2005, D-76052 Karlsruhe.

GARVIN, D.A... The Process of Organization and Management. Sloan Management Review, Summer 1998, p. 33-50.

GIRAULT, C.; VALK, Rudiger, Petri Nets for Systems Engineering, A guide to modeling, verification, and applications, Springer, 2003.

GOLANI, M., GAL, A. Flexible Business Process Management Using Forward Stepping and Alternative Paths. Proceedings of the 3rd International Conference on Business Process Management (BPM 2005), Nancy, France, September 5-8. Pages: 48 - 63.

GOLÇAVES, José. As empresas são grandes coleções de processos. ERA, São Paulo v. 40 n. 1 Jan./Mar. 2000.

HAQUE, B.; PAWAR, K. S.; BARSON, R.J. The application of business process modelling organizational analysis of current engineering environment. Technovation, 2003, p.147-162.

HANSEN, Gregory A. Automating Business Process Reengineering. 2nd ed. New Jersey: Prentice-Hall International series in industrial and system engineering, 1997.

HARRINGTON, H. James. Business Process Improvement. New York: McGraw Hill, 1993.

HECKEL, R. Open Petri Nets as Semantic Model for Workflow Integration. Petri Net Technology for Communication-Based Systems: Advances in Petri Nets. 2003, Pages: 281-294.

HOLD, A. P. Management-oriented models of business process. In: AALST, V. D. W.; DESEL, J.; OBERWEIS, A. Business process management: models, techniques, and empirical studies. Berlin: Springer, 2000.

JANSSENS, G. K.; VERELST, J.; WEYN, B. Techniques for modeling workflow their support of reuse. In: AALST, V. D. W.; DESEL, J.; OBERWEIS, A. Business process management: models, techniques, and empirical studies. Berlin: Springer, 2000.

KINTSCHNER Fernando E, BRESCIANI Fo Ettore. Reengenharia de Processos: transformando as necessidades do cliente em parâmetros de um sistema. Revista de Administração UNISAL. Ano 01. Número 01. Americana-Julho/Dezembro 2004.

LI, Jianqiang, FAN, Yushun. Research of Petri net based Workflow Model Reduction Methods, Information and Control, Vol. 30, No. 6, 2001.

LINDSTROM, B. Facilitating the Practical Use of Coloured Petri Nets. PhD Thesis. University of Aarhus. Aarhus, Denmark, 2002.

LINSAY, Ann; DOWNS, Denise; LUNN, Ken. Business Processes – attempts to find a definition. Elsevier Information and Software Technology, 2003, p.1015-1019.

LORINO, Philippe. El control de gestión estartégico. La gestión por actividades. Santafé de Bogotá, Colômbia: Alfaomega Grupo Editor, 2000.

LOURES, R Eduardo. Surveillance Et Diagnostic Des Phases Transitoires Des Systemes Hybrids Bases Sur L'Abstraction Des Dynamiques Continues Par Reseau De Petri Temporel Flou. Laboratoire D'Analyse Et D'Architecture Des Systemes, LAAS, França, 2006.

MINTZBERG, H. e QUINN, J. B. O processo da Estratégica. Porto Alegre. Bookman. 2001.

NEIGER, D., CHURIOLOV, L. Goal-Oriented Business Process Modelling with EPCs and Value-Focused Thinking. Proceedings of the 2nd International Conference on Business Process Management (BPM 2004), Potsdam, Germany, June 17-18. Pages: 98-115.

NOGUEIRA Neto Antonio. A relevância das informações gerenciais no planejamento estratégico: paradigma nas tomadas de decisões empresariais. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

PADUA, S. , SILVA, A., PORTO, A. et al. O potencial das RdP em modelagem e análise de processos de negócio. Gest. Prod., jan./abr. 2004, vol.11, no.1, p.109-119. ISSN 0104-530X.

PANKRATIUS, V. A Formal Foundation for Workflow Composition, Workflow View Definition and Workflow Normalization Based on Petri Nets. Proceeddings of the 2nd Asia-Pacific Conference on Conceptual Modeling. Newcastle, NSW, 2005, Australia. Pages: 79-88.

PORTER, Michael E. Vantagem competitiva. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

QUEIROZ, Max H. De; CURY, José R. E. Controle Supervisório Modular de Sistemas de Manufatura. Revista Controle e Automação, Vol.13, 2002.

REIJERS, Hajo A.. Design and Control of Workflow Processes, Business Process Management for the Service Industry, Lectures Notes in Computer Science, 2617, Springer, 2003.

REZENDE, D. A., ABREU, A. F. de. Tecnologia da informação: aplicada a sistemas de informações empresariais. São Paulo. Atlas, 2003.

ROLDAN, F., MIYAKE, D.. Mudanças de Forecast na Indústria Automobilística: Iniciativas para a Estruturação dos Processos de Tomada de Decisão e Processamento da Informação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, v.11, n.3, p.413-427, set.-dez.

2004.

SALIMIFARD, S.; WRIGHT, M. Petri net based modelling of workflow systems; overview. *European Journal of Operational Research*, v.134, p. 664-676, 2001.

SMITH, H., FINGAR, P. Business process management – the third wave: business process modeling language (bpml) and its pi-calculus foundations. *Information and Software Technology* 45, 2003, p. 1065-1069.

SALIMIFARD, K., WRIGHT, M. (2001). Petri Net Based Modelling of Workflow Systems: An Overview. *European Journal of Operational Research*, 134(3): 664-676, 2001.

SPECHT, T., DRAWEHN, J., THРАНERT, M., KULNE, S. Modeling Cooperative Business Processes and Transformation to a Service Oriented Architecture. *Proceedings of the 7th IEEE International Conference on E-Commerce Technology (CEC 2005)*. Munich, Germany. July 19 - 22. Pages: 249-256.

VIDOVIC, D.I.; VULKSIC, V.B. Dynamic business process modeling using ARIS. *Information Technology Interfaces*, 2003. ITI 2003. *Proceedings of the 25th International Conference on 16-19 June 2003* Page(s):607 – 612

VERBEEK, H. M. W.; BASTEN, T.; AALST, W. M. P. Diagnosing workflow using woflan. Eindhoven: Eindhoven University of Technology, 2000. BETA Working Paper Series, WP 48.

YIN, Rober K. Estudo de caso – planejamento e métodos. 2º Edição. São Paulo: Bookman, 2001.

ZHANG, L. Research on Workflow Patterns based on Petri Nets. *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics, Automation and Mechatronics (RAM 2006)*, Bangkok, Thailand, June 7-9. Pages: 1-6. IEEE Computer Society.

ZHOU Jiantao, Shi Meilin, Ye Xinming. A Method for Semantic Verification of Workflow Processes Based on Petri Net Reduction Technique, *Journal of Software*, Vol. 16, No. 7, 2005.

ZISMAN, M. D. Representation, specification and automation of office procedures. 1977. Tese (Doutorado) – University of Pennsylvania Wharton School of Business, Pennsylvania.

ZHU, H., LI, P., ZHANG, G. HTSN: A Complex Workflow Model Based on Coloured Petri Net. *Journal of Computer Science & Technology*, 4(1), 2004.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)