

**INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO**  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

**Sistemas de Gestão de Processos de Negócios:  
Desafios e Oportunidades**

*Ana Karla Alves de Medeiros  
Itana Maria de Souza Gimenes  
Maria Beatriz Felgar de Toledo*

Technical Report - IC-08-026 - Relatório Técnico

September - 2008 - Setembro

The contents of this report are the sole responsibility of the authors.  
O conteúdo do presente relatório é de única responsabilidade dos autores.

# Sistemas de Gestão de Processos de Negócios: Desafios e Oportunidades

Ana Karla Alves de Medeiros<sup>1</sup>, Itana Maria de Souza Gimenes<sup>2</sup>, Maria Beatriz Felgar de Toledo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Technology Management, Eindhoven University of Technology, P.O. Box 513, NL-5600 MB Eindhoven, The Netherlands

[a.k.medeiros@tue.nl](mailto:a.k.medeiros@tue.nl)

<sup>2</sup> Departamento de Informática, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790 87020-900 Maringá-PR, Brasil

[itana@din.uem.br](mailto:itana@din.uem.br)

<sup>3</sup> Instituto de Computação Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Caixa Postal 6176 13083-970 Campinas-SP, Brasil

[beatriz@ic.unicamp.br](mailto:beatriz@ic.unicamp.br)

**Resumo.** Esse relatório resume o que foi apresentado e discutido no workshop empresarial intitulado "Sistemas de Gestão de Processos de Negócios", durante o ENEGEP 2007 em Foz do Iguaçu-PR. Os sistemas de gestão de processos de negócios visam facilitar a execução e gerência dos processos de negócios nas empresas. A implementação e manutenção de tais sistemas envolve um ciclo com quatro fases: (i) (re-) modelagem dos processos de negócios; (ii) configuração desses modelos para um determinado sistema; (iii) execução dos processos em ferramentas de apoio; e, (iv) análise de tais execuções. Nesse contexto, dois problemas são fundamentais. O primeiro é como integrar os diferentes processos de negócios intra- e/ou inter-organizacionais. O segundo é como analisar as execuções desses processos de negócios de forma a detectar eventuais pontos de otimização, como realizar auditorias dos processos automaticamente, entre outros. Note que o primeiro problema está relacionado às três primeiras fases da implementação dos sistemas de gerenciamento, enquanto o segundo envolve a fase de análise. Nesse sentido, esse documento contém nossas experiências na solução de tais problemas. Para a parte de modelagem e gerenciamento, são apresentadas técnicas de modelagem e gerência de *workflow* incluindo experiências em contrato eletrônico, que determinam como diferentes empresas/departamentos negociam a execução de processos. Além disso, mostram-se algumas vantagens na inclusão de parâmetros de qualidade de serviço para descoberta de serviços que melhor atendam os requisitos de consumidores. Para a parte de análise, o foco é nas técnicas de mineração de processos ([www.processmining.org](http://www.processmining.org)) que fornecem *feedbacks* sobre diferentes perspectivas (fluxo de atividades, organização, etc) dos processos de negócios. Como o objetivo final desse documento é estimular a cooperação entre indústria e academia, as pesquisas apresentadas são concretamente ilustradas através de estudos de caso.

**Palavras-Chave:** Gestão de Processos de Negócios; Mineração de Processos; Serviços Web; Contrato Eletrônico; Qualidade de Serviço.

# 1. Introdução

Os workshops empresariais do ENEGEP (Encontro Nacional dos Estudantes de Engenharia de Produção) visam estimular a cooperação entre academia e setor privado. No contexto do workshop sobre Sistemas de Gestão de Processos de Negócios, focou-se em explicar (i) o que são sistemas de gerência de processos de negócios (BPMS<sup>1</sup>); (ii) os desafios e oportunidades que esses sistemas propiciam; e, (iii) desafios e oportunidades nas linhas de pesquisa de mineração de processos de negócios e aplicação de serviços Web a processos de negócio. Nesse último ponto, destacam-se os estudos de casos que ilustram que os resultados obtidos e as ferramentas desenvolvidas realmente têm sido usados na prática.

Processo de negócio é um conjunto de atividades relacionadas a um negócio que é realizado em uma seqüência específica com a finalidade de alcançar um objetivo de negócio. As atividades de um processo de negócio são tanto automatizadas como manuais, realizadas com ou sem interação humana, com integração com outras organizações, ou até mesmo um processo de negócio inteiro. Com esta variedade de tipos de atividades, um processo de negócio torna-se complexo, sendo composto de vários processamentos em sistemas informatizados, de preenchimentos de documentos, de atividades realizadas em série ou paralelas, de troca de informações, de trabalhos manuais, além de ser afetado por diferentes regras de negócio (Dayal et al., 2001).

Um processo de negócio é atualmente visto como um ativo significativo de uma organização, quanto mais organizados são os processos de uma organização maior é considerado o seu grau de maturidade. As organizações estão trabalhando cada vez mais de forma cooperativa para alcançar seus objetivos de negócio por meio da realização de processos de negócio inter-organizacionais, normalmente usando um paradigma de sub-contratação de serviços. O dinamismo existente no mercado requer que companhias ajam rapidamente para não perder parcerias ou oportunidades. O uso

---

<sup>1</sup> Do inglês *Business Process Management*.

da Internet e de BPMS são passos tecnológicos importantes para melhorar a cooperação entre as organizações, principalmente por meio do comércio eletrônico entre organizações virtuais disponíveis em mercados eletrônicos. Além disso, o recente paradigma de Computação Orientada por Serviços (COS) oferece uma série de facilidades para a integração entre aplicações na Internet por meio do uso de serviços eletrônicos.

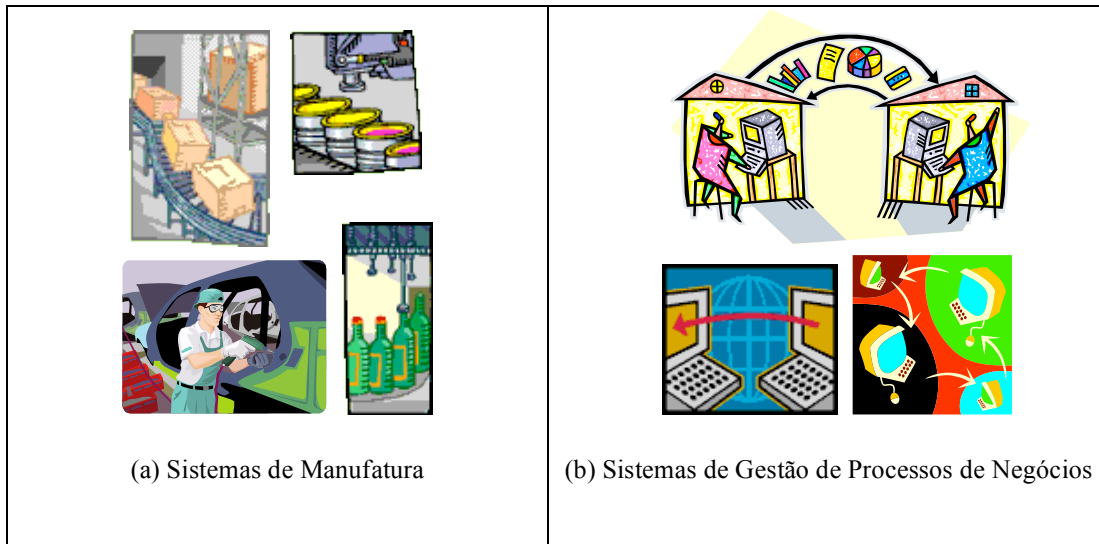
Dentre os diferentes tipos de serviços eletrônicos, os serviços Web emergiram como a mais promissora tecnologia para a efetiva automação de interações inter-organizacionais. Eles representam um tipo específico de serviços eletrônicos para serem usados principalmente na Internet. Os processos de negócio podem ser especificados em termos de serviços Web utilizando linguagens tais como *WS-BPEL*. Além disso linguagens, tais como *WS-Agreement* (A. Andrieux et al., 2007) e *WS-Policy* (Bajaj et al., 2006), podem ser usadas para especificar atributos de qualidade de serviço (QoS) relacionados a serviços Web.

Assim, este documento tem como objetivo apresentar um sumário do workshop sobre Sistemas de Gestão de Processos de Negócios realizado no ENEGEP 2007. O documento está estruturado da seguinte maneira: a seção 2 apresenta conceitos básicos da área de gestão de processos de negócios e os sistemas de apoio a tal gestão; a Seção 3 explica como a área de mineração de processos facilita a modelagem e análise de processos de negócios; a Seção 4 descreve como a tecnologia Web pode ser usada para facilitar a configuração/implantação e execução de processos de negócios; a Seção 5 conclui este documento.

## 2. Gestão de Processos de Negócios

Os sistemas de gestão de processos de negócios auxiliam a execução e a manutenção de, como o nome já sugere, processos de negócios (Dumas et al., 2005, Weske, 2007). A execução é facilitada porque tais sistemas permitem distribuir e processar informação automaticamente. Numa analogia com sistemas de manufatura, BPMS podem ser vistos como "esteiras virtuais" que coordenam o fluxo de documentos ou dados dentro de (ou entre) empresas (cf. Figura 1). Assim, os BPMS garantem que a informação será distribuída e processada pelos respectivos funcionários ou outros

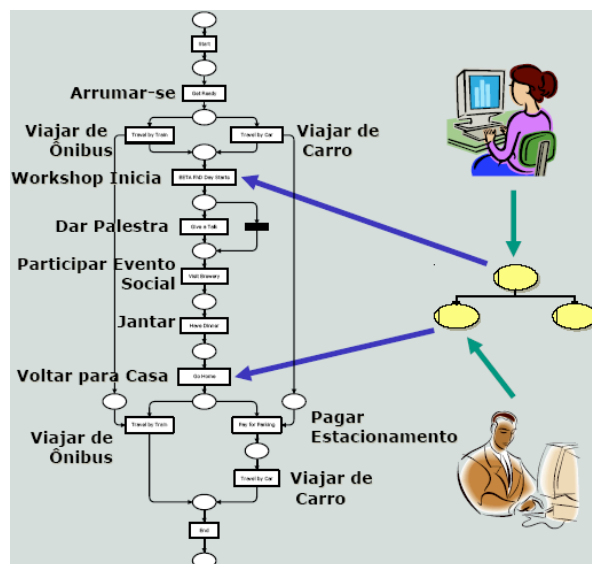
sistemas de acordo com o configurado no modelo do processo de negócio. A manutenção também torna-se mais fácil porque, por serem um sistema computacional, os BPMS permitem a recuperação automática de qualquer dado sobre os processos de negócio que têm sido executados. Note que isso permite acelerar a monitoração e a análise desses processos. Por exemplo, é possível detectar mais rapidamente pontos de melhoramento num dado processo de negócios.



**Figura 1** Comparação entre os sistemas de manufatura e os sistemas BPM. Nesse caso, os sistemas BPM podem ser vistos como os sistemas de "esteiras virtuais" que coordenam a distribuição de documentos e tarefas entre os funcionários ou outros sistemas em uma ou mais empresa.

Os elementos centrais de um BPMS são as *tarefas* do processo de negócio, o *fluxo de controle ou ordem* na qual as tarefas devem se executadas, os *dados ou documentos que são entrada/saída* dessas tarefas, as *funções ou papéis* dos responsáveis pelas tarefas, e as *ligações entre essas funções e os funcionários/sistemas*. Como ilustração, definiremos um processo de negócio que representa o que ocorre para se realizar um workshop. A Figura 2 mostra alguns desses elementos centrais. Como o leitor pode notar, as tarefas modeladas são "Arrumar-se", "Viajar de Ônibus/Carro", "Workshop Inicia", "Dar Palestra", "Participar do Evento Social", "Jantar", "Voltar para Casa", "Pagar Estacionamento". Além disso, os arcos direcionados definem o fluxo ou ordem de execução para essas tarefas. Por exemplo, de acordo com o modelo pode-se notar que: (i) a tarefa "Ministrar Palestra é opcional, pois nem todos os participantes do workshop são palestrantes; (ii) os participantes utilizam o mesmo meio de transporte para ir e voltar do workshop, assim quem foi de ônibus volta de ônibus e uma situação semelhante aplica-se para quem foi de carro; e, (iii) só quem foi de carro precisa pagar o estacionamento. Note que esse modelo define em linhas gerais como a "esteira

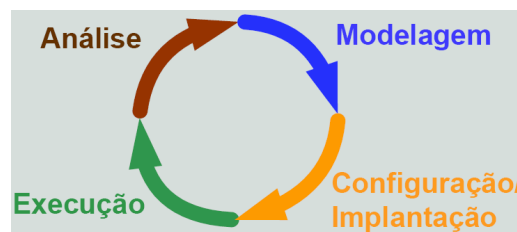
virtual" (o sistema BPMS) deve coordenar a execução desse processo. Entretanto, alguns elementos estão faltando. Por exemplo, para viajar de ônibus alguém precisa ter comprado um bilhete. Então, o bilhete da viagem é um dado de entrada. De modo análogo, o comprovante de pagamento do estacionamento é um dado de saída da tarefa "Pagar Estacionamento". Note que aqui não especificaremos o modelo em detalhes porque nosso objetivo é dar uma idéia geral de como os elementos são definidos na prática. Uma vez que as tarefas, os fluxos de controle e os dados estão especificados, resta definir que papéis são necessários para executar tais tarefas e como esse papéis relacionam-se a pessoas ou outros sistemas computacionais. No nosso caso, dois papéis são óbvios: participante e palestrante. Note que um palestrante também é um participante do workshop. Nesse caso, todas as pessoas presentes no workshop seriam conectadas ao papel participante e as autoras desse documento (i.e., Ana Karla, Itana e Beatriz) seriam relacionadas ao papel palestrante. Além disso, todas as tarefas requerem o papel participante. A única exceção é a tarefa "Ministrar Palestra", que obviamente requer o papel palestrante. Note que a ligação de papéis a tarefas permite ao sistema BPM a alocação dinâmica de tarefas a pessoas ou sistemas. Assim, se uma determinada pessoa/sistema com um determinado papel não está disponível, o sistema BPM pode alocar a tarefa para uma outra pessoa/sistema na empresa que também possui esse papel e está disponível.



**Figura 2** Ilustração contendo alguns dos elementos centrais de um sistema BPM. As *tarefas* e o *fluxo de controle* são especificados no modelo de processo de negócios à esquerda. O organograma à direita define os *papéis* necessários para executar as tarefas no processo. As setas em azul representam as ligações entre tarefas e os papéis que devem executar essas tarefas. As setas verdes indicam a associação entre os papéis e os funcionários/sistemas atribuídos para executar a tarefa.

Existe uma grande semelhança entre o conceito de processo de negócios e workflow. No documento de referência da WfMC (1995), workflow era considerado como a automação de um processo de negócio. No documento “The WfMC Reference Model 10 years on” (Hollingsworth, 2005), o termo processo de negócio se consolida como sendo um conjunto de tarefas para atingir um objetivo de negócio. A evolução de três principais tecnologias convergiu para formar o que chamamos de BPMS: *Workflow*, *Enterprise Application Integration* (EAI) e Web. Assim, BPMS são considerados evoluções de WfMS (*Workflow Management System*).

Uma vez que os principais elementos necessários a um sistema BPM para coordenar um processo de negócio foram introduzidos, as fases de implantação e manutenção de tais sistemas podem ser explicadas. A implantação e manutenção de sistemas BPM envolvem quatro fases: *modelagem*, *configuração*, *execução* e *análise* conforme mostra a Figura 3.



**Figura 3** Fases do ciclo de vida de um sistema BPM.

Na modelagem, os modelos das tarefas, fluxos de controle, papéis e dados de entrada/saída são definidos. A configuração consiste em implementar num sistema BPM os modelos definidos durante a modelagem. Por exemplo, nesta fase são estabelecidas as ligações entre os papéis e os funcionários/sistemas da empresa. A nova configuração entra efetivamente em operação durante a fase de execução. Esta fase gera os dados de execução que são utilizados durante a fase de análise. A análise fornece *feedback* sobre diferentes características dos processos de negócio. Por exemplo, pode-se analisar esses processos para detectar os fluxos mais frequentes e os pontos de gargalo no sistema. Cada uma das fases do ciclo de vida de um sistema BPM gera desafios. No contexto deste workshop, focou-se nos seguintes desafios:

1. Como coletar informação objetivamente para criar os modelos de processos?
2. Como coordenar processos intra-/inter-organizações?

3. *Como desenvolver contratos eletrônicos e garantir qualidade de serviço (QoS)?*
4. *Como verificar e prover feedback sobre como o sistema de gerência de processos está efetivamente sendo utilizado?*

Note que os desafios nas questões (1), (2), (3) e (4) respectivamente referem-se às fases de modelagem, configuração/implantação, execução e análise. Esse documento explica como as pesquisas em que temos trabalhado respondem a esses desafios. Mais especificamente, mostraremos como a pesquisa na área de mineração de processos<sup>2</sup> aborda os desafios nas perguntas (1) e (4), e como as pesquisas na área de serviços Web e contratos eletrônicos provêm respostas para as questões (3) e (4).

### 3. Técnicas de Mineração de Processos de Negócios

Essa seção explica como as técnicas de mineração de processos podem ser usadas para atacar dois dos desafios identificados na Seção 2: *(1) Como coletar informação objetivamente para criar os modelos de processos?* e, *(4) Como verificar e prover feedback sobre como o sistema de gerência de processos está efetivamente sendo utilizado?*. A primeira parte dessa seção (Subseção 3.1) introduz a área de mineração de processos e a ferramenta usada para esse tipo de análise. A segunda parte dessa seção (Subseção 3.2) descreve alguns dos estudos de caso em que mineração de processo tem sido utilizada para analisar processos.

#### 3.1 Mineração de Processos

Hoje em dias muitas organizações contêm algum sistema de informação para suportar a execução de processos de negócio (Dumas et al., 2005). Alguns exemplos são os sistemas de *Enterprise Resource Planning* (ERP), como SAP/R3; os *Workflow Management Systems* (WFMSs), como *Staffware* e *Peoplesoft*; os sistemas *Case Handling* (CH), como *Flower*; os sistemas de *Customer Relationship Management* (CRM), como os sistemas CRM da Oracle, SAP ou Salesforce.com; ou sistemas desenvolvidos *inhouse*, como os sistemas que registram os procedimentos e medicações administrados a pacientes em hospitais. Esses sistemas de informação normalmente suportam alguma funcionalidade para registrar em um log (arquivo,

---

<sup>2</sup> Do inglês *process mining*.



banco de dados etc) os eventos que estão ocorrendo durante a execução desses processos de negócio. Exemplos de tais eventos são as instâncias de processos (ou *cases*) que foram criadas, que tarefas foram executadas para essas instâncias, quem executou essas tarefas, em que momento (ou *timestamp*), e usando ou produzindo que dados. Tais logs de eventos são o ponto de partida das técnicas de mineração de processos.

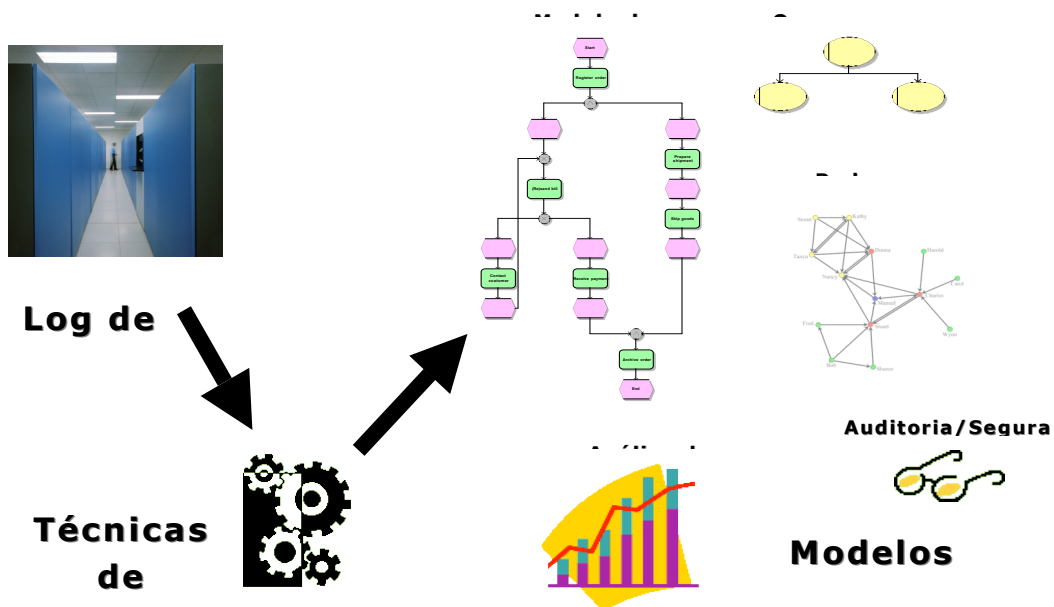
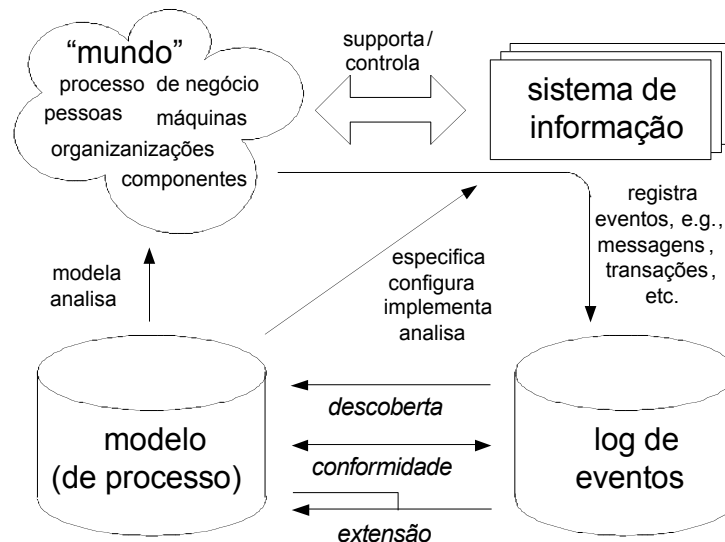


Figura 4 Exemplos de modelos que podem ser descobertos (ou minerados) pelas técnicas de mineração de processos.



**Figura 5** Categorias das técnicas de mineração de processos.

Como ilustrado na Figura 5, as técnicas de mineração de processos podem ser classificadas em três categorias:

- *Descoberta*<sup>3</sup>: As técnicas de descoberta baseiam-se apenas no log de eventos. Elas recebem esse nome porque essas técnicas não levam em conta nenhum modelo pré-existente. Exemplos de tais técnicas são os algoritmos para mineração das tarefas e seus fluxos de controle (como o modelo de processo ilustrado na Figura 4). As referências (Aalst et al., 2004, Cook et al., 2004, de Medeiros, 2006, de Medeiros et al., 2007b, Dongen, 2007, Dongen and van der Aalst, 2005, Greco et al., 2006, 2007, Günther and van der Aalst, 2007, Herbst and Karagiannis, 2004, Pinter and Golani, 2004, Schimm, 2004, Wen et al., 2007) contêm material sobre os diferentes algoritmos que focam em minerar os fluxos de controle de processo de negócios. Outros exemplos de técnicas de descoberta são os algoritmos que mineram (i) rede sociais numa organização (i.e., que funcionários trabalham juntos num processos, quem delega tarefas para quem, etc.) e (ii) organogramas que descrevem os papéis necessários para executar certas tarefas, as relações entre esses papéis e que funcionários/sistemas assumem esses papéis (Aalst et al., 2005b, Ly et al., 2005, Song and van der Aalst, 2007).

<sup>3</sup> Do inglês *discovery*.

- *Conformidade*<sup>4</sup>: As técnicas de conformidade, além do log de eventos, também recebem como entrada um modelo que captura o comportamento prescrito na organização. Essas técnicas calculam o quanto o comportamento registrado no *log* de eventos corresponde ao comportamento prescrito. Exemplos de tais técnicas são os algoritmos que medem se há desvios entre as execuções dos processos de negócios e os fluxos de controle determinados no modelo de processos de negócio que foi implantado em uma organização (Rozinat and Aalst, 2008). Outro exemplo é o algoritmo que verifica se certas propriedades (ou restrições) são violadas ou não no *log* (Aalst et al., 2005a). Nesse caso, o modelo é a especificação da propriedade. Por exemplo, algumas instituições seguem a política de que, para um mesmo negócio, a pessoa que faz o orçamento não deve ser a mesma que o aprova. Isso pode ser auditado no *log* usando a técnica de conformidade em (Aalst et al., 2005a).
- *Extensão*<sup>5</sup>: As técnicas de extensão usam informação minerada no *log* para incrementar os modelos dados como entrada. Por exemplo, o algoritmo descrito em (Rozinat and van der Aalst, 2006) automaticamente identifica as regras de negócio (ou *business rules*) usadas para determinar que fluxos devem ser seguidos nos pontos de bifurcação de um processo de negócios. Outro exemplo é o algoritmo que automaticamente identifica os pontos de gargalo num processo de negócios, indicando no modelo de processo dado como entrada onde esses gargalhos localizam-se (Hornix, 2007).

Todas essas técnicas de mineração estão implementadas na ferramenta de mineração *ProM Framework* (Aalst et al., 2007b). ProM facilita o desenvolvimento de técnicas de mineração de processos. Essa ferramenta está gratuitamente disponível em [www.processmining.org](http://www.processmining.org). Ela contém um formato único de entrada que pode ser gerado usando a ferramenta *ProMimport*, disponível no mesmo site que ProM. Os estudos de casos relatados na próxima subseção foram executados usando a ferramenta ProM.

---

<sup>4</sup> Do inglês *conformance*.

<sup>5</sup> Do inglês *extension*.

### 3.2 Estudos de Caso

As explicações até então podem ter dado a falsa idéia que as técnicas de mineração de processos só podem ser aplicadas quando um sistema de gestão de processos de negócio já está sendo utilizado numa determinada empresa. Na verdade, essa idéia é irreal. Durante os aproximadamente 8 anos de pesquisa nessa área, estudos de casos têm sido conduzidos em diferentes setores empresariais que utilizam diferentes sistemas de informação. Alguns desses sistemas explicitamente capturam um modelo de processo de negócios, mas outros registram apenas as instâncias de processos, as tarefas que pertencem a essas instâncias e em que ordem essas tarefas foram executadas. Essa seção contém uma visão geral dos estudos de casos que têm sido realizados na área de mineração de processos até o presente momento<sup>6</sup>. As descrições baseiam-se nos trabalhos em (Aalst et al., 2007a, de Medeiros, 2006, Dongen, 2007, Rozinat and Aalst, 2008, Rozinat et al., 2007).

Em suma, as técnicas de mineração de processos têm sido usadas para analisar processos de hospitais, órgãos públicos e empresas. Em hospitais, a análise foi conduzida para identificar os fluxos seguidos por pacientes com determinadas doenças, se havia correlação entre os tratamentos administrados e as chances de cura ou complicações, etc. Os *logs* analisados nesses hospitais foram gerados por sistemas desenvolvidos *inhouse* que registram todas as tarefas executadas para um dado paciente. Esses sistemas foram desenvolvidos visando auditoria em hospitais, mas mesmo assim as técnicas de mineração de processos puderam ser aplicadas com sucesso. Quanto aos órgãos públicos, analisaram-se processos de prefeituras (de Medeiros, 2006, Rozinat and Aalst, 2008) e departamentos responsáveis por rodovias e recursos hídricos na Holanda (Aalst et al., 2007a). Como esses órgãos já utilizavam um sistema *workflow*, as técnicas de mineração de processos foram usadas para obter *feedback* se os comportamentos prescritos estavam realmente sendo seguidos e, em casos de diferenças, descobrir o comportamento registrado na prática, que funcionários desempenhavam um papel central na execução de certos processos de negócios, etc. Nas empresas (Dongen, 2007, Rozinat et al., 2007), as técnicas de

---

<sup>6</sup> A página "Commercial Patterns" em <http://tabu.tm.tue.nl/wiki/commercialpartners> contém a lista dos parceiros comerciais nos quais estudos de caso têm sido (ou foram) realizados até então.

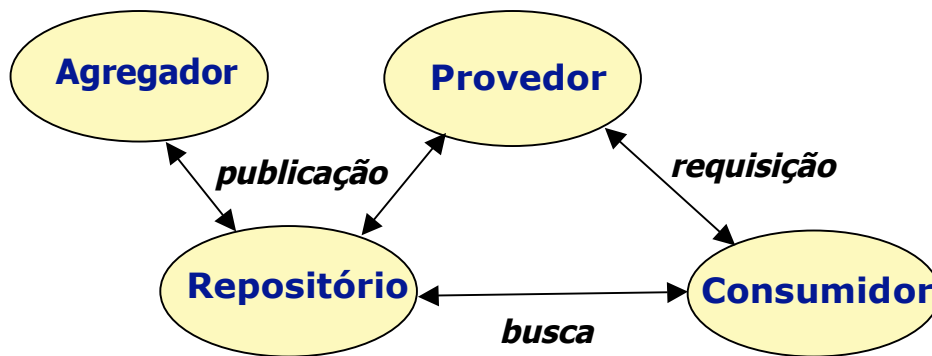
mineração de processos foram utilizadas principalmente para descobrir como os equipamentos vendidos por essas empresas estavam sendo testados por funcionários e utilizados por clientes. Os modelos minerados permitiram a criação de perfis de usuários que foram utilizados para criar testes de confiabilidade para os equipamentos produzidos. Além disso, pontos de gargalo nos processos de testes foram identificados, permitindo a definição e medidas para eliminar tais gargalos. A motivação principal dessas empresas foi melhorar os procedimentos de teste de modo a focar primeiramente nas funcionalidades que são mais usadas na prática.

## 4. Processos de Negócios e a Tecnologia de Serviços Web

No paradigma de computação orientada a serviços (Papazoglou et al., 2003), os serviços são os construtores de aplicações distribuídas permitindo o desenvolvimento dessas aplicações de forma rápida e com baixo custo. Além disso, serviços são autônomos e independentes de plataforma, podem ser compostos por outros serviços e podem ser descritos, publicados, localizados e invocados em um sistema distribuído.

Os papéis na computação orientada a serviços (Figura 6) são os seguintes:

- Provedores de serviço: oferecem implementação e descrição de serviços.
- Consumidores de serviço: usam serviços.
- Agregadores de serviço: compõem vários serviços em um único novo serviço.
- Repositórios de serviços são utilizados para localizar serviços. Um repositório inclui descrições de serviços, informações sobre as organizações provedoras e classificações para auxiliar nas buscas.



**Figura 6** Papéis na computação orientada a serviços.

A tecnologia de serviços Web (Alonso et al., 2003) aliada à computação orientada a serviços facilita a integração de aplicações intra ou inter-organizacionais, possibilita a exposição da funcionalidade dos sistemas de informação tornando-os disponíveis através de tecnologias Web padrão, permite a descoberta e inclusão de serviços em aplicações de forma dinâmica, e permite a construção de serviços utilizando outros serviços (composição).

Um serviço *Web* é um tipo específico de serviço eletrônico que usa padrões bem definidos – XML (Bray et al., 2006), WSDL (R. Chinnici et al., 2007), SOAP (Mitra et al., 2007) e UDDI (Clement et al., 2004).

A união de BPMS com a tecnologia Web (Leymann et al., 2002) visa alcançar a interoperabilidade que não foi obtida com WfMS. Com a integração dessas tecnologias, as aplicações distribuídas podem ser construídas utilizando quaisquer plataformas e linguagens de programação. Em outras palavras, tecnologias web têm sido utilizadas em sistemas de gestão de processos de negócios para responder aos segundo (*Como coordenar processos intra-/inter-organizações?*) e terceiro (*Como desenvolver contratos eletrônicos e garantir qualidade de serviço (QoS)?*) desafios que foram identificados na Seção 2.

O restante dessa seção elabora contém mais detalhes sobre as tecnologias web e sua integração a sistemas BPM: a Subseção 4.1. descreve os padrões básicos para a tecnologia web; a Subseção 4.2 discute a importância da inclusão de atributos de

qualidade na descrição dos serviços; a Subseção 4.3 introduz a linguagem WS-BPEL, usada para a orquestração de serviços; e a Subseção 4.4 relata um estudo de caso utilizando os padrões para a tecnologia Web explicados nas outras subseções.

#### 4.1 Padrões Básicos

Os padrões básicos (ver Figura 7) incluem uma linguagem para descrição de serviços (WSDL), um repositório para armazenar informações sobre empresas e serviços (UDDI) e um protocolo de comunicação que permite a requisição de serviços (SOAP). Todos esses padrões utilizam XML e são descritos abaixo.

##### **XML**

XML (eXtensible Markup Language) (Bray et al., 2006) é uma linguagem que permite a especificação de documentos contendo dados estruturados na forma de árvores. É uma recomendação da W3C. Um documento XML contém texto.

##### **WSDL**

WSDL (Web Services Description Language) (R. Chinnici et al., 2007) é uma linguagem usada para descrever serviços Web. Uma descrição WSDL contém as informações relacionadas ao serviço Web necessárias para sua publicação, descoberta e invocação – incluindo capacidades, interface, comportamento e qualidade de serviço. Cada serviço Web é descrito de forma abstrata por meio de: um tipo de porta (port type); operações (operations) que o tipo de porta oferece; e a estrutura de mensagens (message) de entrada e de saída.

##### **UDDI**

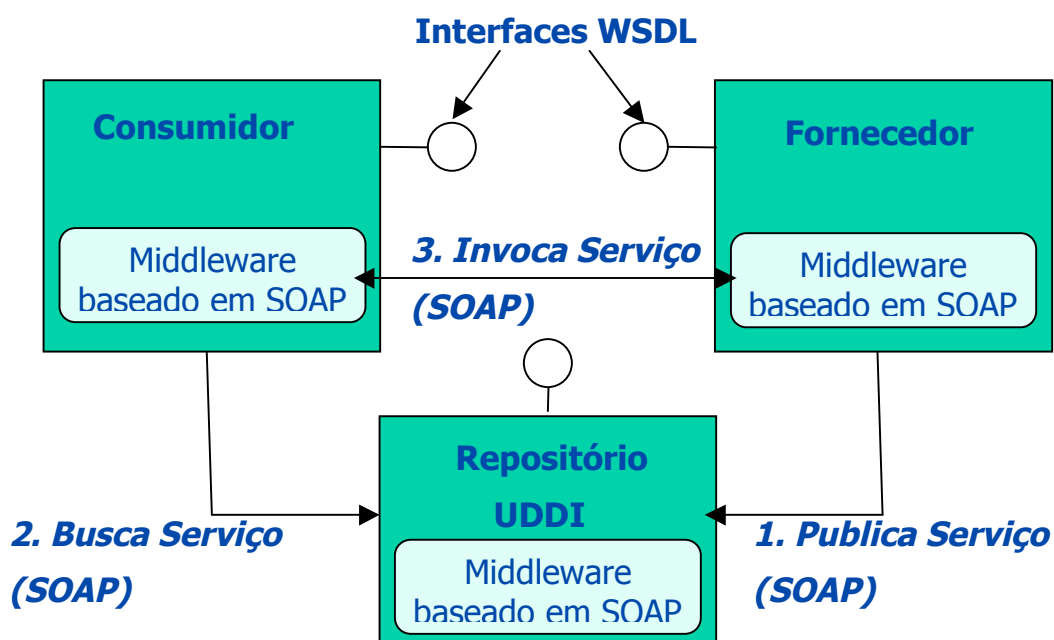
UDDI (Universal Description, Discovery, and Integration) (Clement et al., 2004) é um padrão que define a estrutura e o conteúdo dos diretórios que contém descrições de serviços oferecidos. O padrão UDDI permite que provedores de serviços possam registrar seus serviços Web, usando as descrições WSDL, para que clientes de serviços possam descobri-los. Esse padrão permite também que clientes de serviços disponibilizem suas necessidades para que provedores de serviços busquem por usuários que precisam de um determinado serviço.

##### **SOAP**

SOAP (Simple Object Access Protocol) (Mitra et al., 2007) é um protocolo que define um mecanismo para a comunicação geral entre serviços Web na Internet. Ele define o

formato das mensagens (normalmente com conteúdo de dados XML) que são trocadas entre clientes de serviços, provedores de serviços e diretórios de serviços. De uma forma geral, o protocolo SOAP descreve como o protocolo HTTP (HyperText Transfer Protocol) pode ser usado para chamada de procedimento remoto na Internet, por meio de uma combinação de um cabeçalho HTTP com um corpo SOAP. Porém, outros protocolos de transporte também podem ser usados.

Um fornecedor de serviço pode disponibilizar seus serviços publicando a descrição desses serviços no repositório UDDI (Publica na Figura 7). Um consumidor de serviço pode realizar buscas de serviços em repositórios UDDI (Busca na Figura 7) e depois requisitar operações sobre o serviço selecionado (Invoca na Figura 7). Todas as mensagens de comunicação obedecem o protocolo SOAP. Todos os serviços, inclusive o repositório UDDI, têm as funcionalidades especificadas na linguagem WSDL.



**Figura 7 Padrões básicos da tecnologia web.**

Um exemplo de um processo de empréstimo é ilustrado na Figura 8. Este processo envolve as atividades de análise de risco por um Aprovador (serviço *approver*) e um Assessor (serviço *assessor*). Quando o valor do empréstimo está acima de R\$



10.000,00 ou o risco do empréstimo for alto, a análise do Aprovador é obrigatória. Quando o valor é menor que R\$ 10.000,00 e o risco é baixo, é necessária apenas a análise de um Assessor.

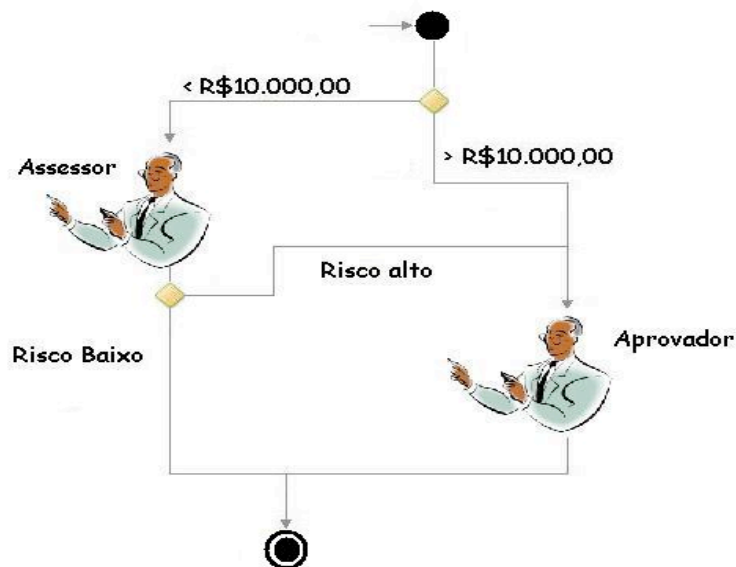


Figura 8 Exemplo de um processo de negócio de empréstimo.

Para o processo de empréstimo da Figura 8, o serviço *assessor* é definido em WSDL (ver Figura 9). Esse serviço tem uma porta (*riskAssessmentPT*) e uma operação (*check*). Para essa operação são definidas as mensagens de entrada, saída e falha.

```
<!-- portType supported by the assessor service -->
<wsdl:portType name="riskAssessmentPT">
<wsdl:operation name="check">
  <wsdl:input message="tns:creditInformationMessage" />
  <wsdl:output message="tns:riskAssessmentMessage" />
  <wsdl:fault name="loanProcessFault" message="tns:errorMessage" />
</wsdl:operation>
</wsdl:portType>
```

Figura 9 Definição do serviço *assessor* em WSDL.

O serviço *approver* é definido em WSDL (ver Figura 10). Esse serviço tem uma porta (*loanApprovalPT*) e uma operação (*approve*). Para essa operação são definidas as mensagens de entrada, saída e falha.

```
<!-- portType supported by the approver service -->
<wsdl:portType name="loanApprovalPT">
  <wsdl:operation name="approve">
    <wsdl:input message="tns:creditInformationMessage" />
    <wsdl:output message="tns:approvalMessage" />
    <wsdl:fault name="loanProcessFault" message="tns:errorMessage" />
  </wsdl:operation>
</wsdl:portType>
```

Figura 10 Definição do serviço *approver* em WSDL.

Conforme a arquitetura na Figura 11, um fornecedor de serviços recebe requisições obedecendo aos protocolos Web padrão, converte para formato do middleware local e passa para os sistemas internos de informação. Os serviços fornecidos são especificados em WSDL e publicados em repositórios seguindo o padrão UDDI. Consumidores buscam serviços nos repositórios e fazem requisições de serviços usando mensagens no formato SOAP.

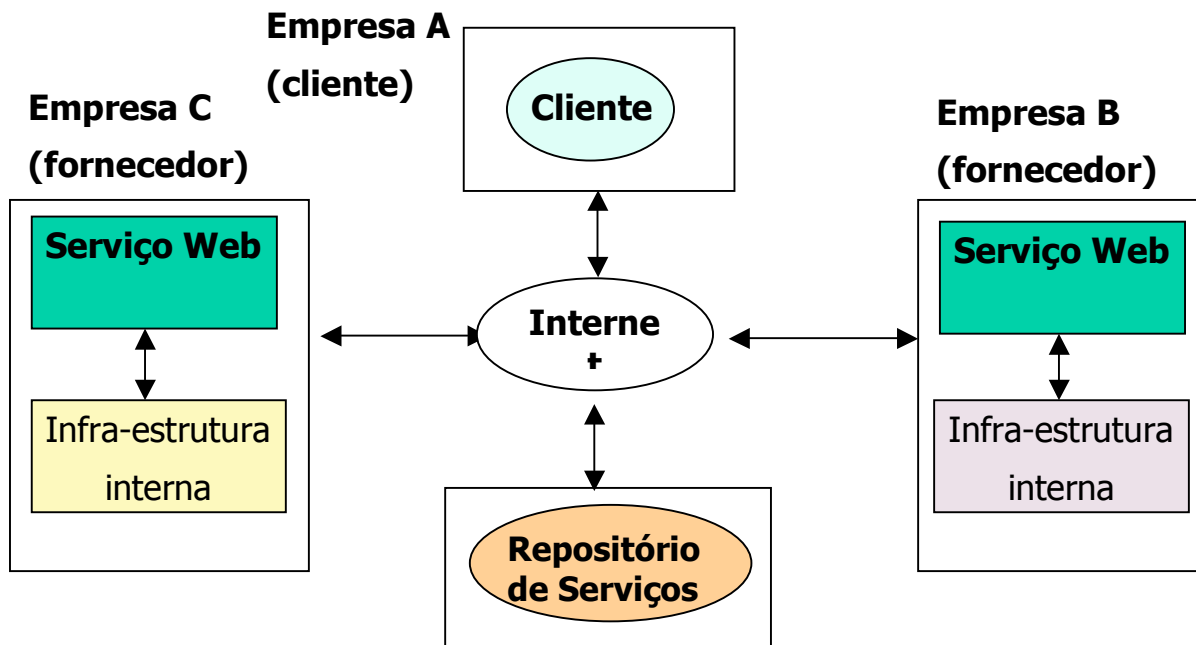


Figura 11 Arquitetura de serviços Web.

## 4.2 Qualidade de Serviço

As características funcionais de um serviço definem as operações que um serviço oferece (“o que”). Na tecnologia Web, a linguagem WSDL é utilizada para especificar essas características. As características não funcionais, ou seja, atributos de qualidade de serviço (*Quality of Service* – QoS) (Menasce 2002) definem como o sistema executa os serviços (“como”). Por exemplo, para um sistema que oferece previsão do tempo:

- Funcionalidade: qual a temperatura de uma determinada cidade.
- Qualidade de serviço: o tempo médio de resposta, para essa consulta, é 2 segundos.

Exemplos de atributos de QoS são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1 – Atributos de QoS.**

Atributos de QoS	Descrição
Tempo de resposta	Tempo para completar a tarefa requisitada
Vazão	Taxa de processamento de requisições
Escalabilidade	Taxa de vazão em um dado intervalo de tempo
Capacidade	Número de requisições concorrentes que o serviço permite
Disponibilidade	Porcentagem do tempo em que o serviço está em operação
Confiabilidade	O intervalo de tempo para a continuidade de serviço correto e para a transição para estado correto
Precisão	Taxa de erro dentro de um intervalo de tempo
Robustez	Nível de recuperação com relação a entradas incorretas e seqüência de invocações
Estabilidade	Taxa de mudança nas interfaces do serviço
Custo	Custo de uso do serviço
Segurança	Define se o serviço oferece mecanismos de confidencialidade, integridade e autenticação
Confiabilidade nas	Determina se o serviço oferece mecanismos para garantir a troca

---

mensagens	confiável de mensagens
Integridade	Define se o serviço oferece propriedades transacionais
Interoperabilidade	Determina se o serviço está de acordo com perfis de interoperabilidade

---

Embora atributos de QoS sejam importantes para o desenvolvimento de aplicações baseadas em serviços, não existe ainda uma linguagem padrão para a especificação de QoS. As linguagens mais utilizadas são *WS-Policy* (Bajaj et al., 2006) e *WS-Agreement* (A. Andrieux et al., 2007). Os atributos de QoS afetam todas as interações entre os papéis do paradigma de computação orientada a serviços (Figura 6). Para os fornecedores, os atributos de QoS diferenciam os serviços de competidores e, para consumidores, podem ser usados para selecionar o melhor serviço.

### 4.3 Composição e Orquestração de Serviços

Um serviço pode ser implementado como uma combinação de funcionalidades oferecidas por outros serviços. Dessa forma, a composição de serviços permite a definição de aplicações complexas agregando componentes.

A linguagem mais utilizada para descrever processos é WS-BPEL (Alves et al., 2007) que herdou características de linguagens anteriores como WSFL da IBM e XLANG da Microsoft. Está disponível na versão 2.0 como padrão OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards). O escopo de WS-BPEL (Figura 10) inclui:

- Papéis que participam da troca de mensagem.
- Portas<sup>7</sup> dos papéis.
- Variáveis usadas para manter o estado de dados e a história do processo baseada na troca de mensagens.
- Orquestração entre serviços definidos em WSDL e outros aspectos como transações, exceções, etc. Existe um conjunto de atividades executadas como

---

<sup>7</sup> Do inglês port.

comportamento normal do processo. As atividades podem ser básicas (como *invoke*, *receive* e *reply*) e estruturadas (como *pick*, *flow*, *sequence*, *switch*). Além disso, tratadores de exceção (*fault handlers*) podem ser definidos e executados após a ocorrência de alguma exceção.

- Informação de correlação definindo como mensagens são direcionadas para a instância de composição correta.

Um parceiro é qualquer serviço que participa de uma interação com outro serviço:

- Cada parceiro é mapeado para um papel.
- Cada papel tem uma lista de portas.
- O relacionamento entre um ou mais serviços desempenhando papéis é definido por *tipos de ligação de parceiros*<sup>8</sup>.

No exemplo da Figura 12, os serviços *assessor* e *loanService* com papéis **assessor** e **loanService** respectivamente interagem através do tipo de ligação **loanApprovalLT**. Os serviços *approver* e *loanService* com papéis **approver** e **loanService** respectivamente interagem através do tipo de ligação **riskAssessmentLT**. Além disso, note que (i) o tipo de ligação de parceiro **riskAssessmentLT** especifica que existe interação entre os papéis *assessor* e *loanService* através da porta **riskAssesmentPT**, e (ii) o tipo de ligação de parceiro **loanApprovalLT** especifica que existe interação entre os papéis *approver* e *loanService* através da porta **loanApprovalPT**.

---

<sup>8</sup> Do inglês partner link types.

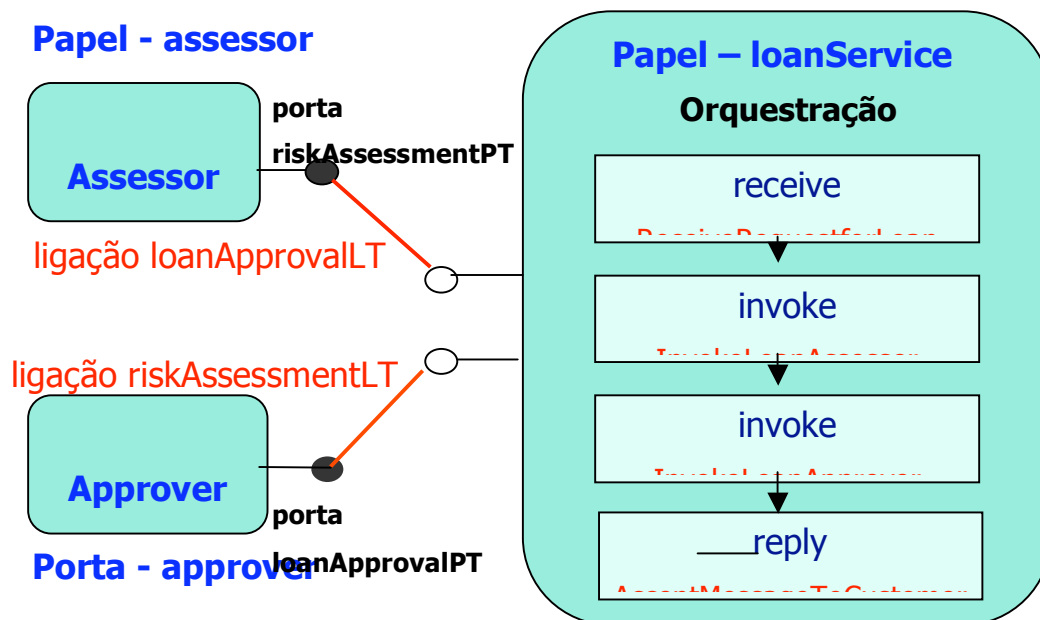


Figura 12 Escopo de WS-BPEL.

A orquestração é uma seqüência de atividades incluindo a recepção de uma requisição de empréstimo (*ReceiveRequestforLoan*), a invocação de avaliação de um assessor (*InvokeLoanAssessor*), a invocação de aprovação de um empréstimo de um aprovador (*InvokeLoanApprover*) e uma resposta à requisição de empréstimo para o cliente.

#### 4.4 Estudo de Caso

O estudo de caso (Fantinato et al. 2006, Fantinato 2007) mostra a integração entre dois sistemas de apoio a negócios e operações, conhecidos como sistemas BOSS (*Business and Operation Support System*) (Terplan 2001), no contexto de empresas operadoras de telecomunicações. Esses sistemas foram escolhidos devido ao grande potencial para seu tratamento como processos de negócio interorganizacionais, em que uma empresa operadora de telecomunicações subcontrata outras empresas para oferecerem determinados serviços especializados. Essas empresas precisam estabelecer um contrato eletrônico para definir os detalhes relacionados ao acordo de negócio entre as organizações.

O objetivo principal do estudo de caso foi verificar a adequação dos modelos definidos para serviços eletrônicos e contratos; verificar se o processo proposto para o estabelecimento de contrato diminuiria o tempo e a dificuldade para se obter um contrato: e se esse processo poderia ser automatizado. Para as empresas envolvidas, o interesse principal está justamente em obter contratos eletrônicos com maior facilidade e em menor tempo, promovendo cooperações entre empresas.

O restante dessa seção contém mais detalhes sobre esse estudo de caso: a Subseção 4.4.1 descreve os sistemas envolvidos; contratos eletrônicos, os estágios para estabelecê-los e os artefatos produzidos são respectivamente explicados nas subseções 4.4.2, 4.4.3 e 0; a Subseção 4.4.5 sintetiza os aprendizados adquiridos durante a realização desse estudo de caso.

#### 4.4.1. Sistemas Envolvidos

Dentro do contexto de sistemas BOSS para telecomunicações, o estudo de caso considera a integração entre os seguintes sistemas:

- **Sistema de Atendimento a Clientes (CRM – *Customer Relationship Management*)**: um Sistema CRM gerencia o relacionamento entre uma empresa operadora de telecomunicações e seus clientes. Esse tipo de sistema deve oferecer um conjunto de serviços eletrônicos, incluindo, por exemplo: venda de produtos e serviços para clientes; criação de contratos entre a empresa e clientes; registro, consulta e cancelamento de ordens de serviço; criação e atualização de cadastro de clientes; e, envio de comunicações a clientes. A execução de um Sistema CRM requer a integração com outros sistemas BOSS para telecomunicações, tais como: gerência de recursos, gerência de planta externa, gerência de força de trabalho, tarifação de serviços (usados pelos clientes), faturamento de serviços (usados pelos clientes), arrecadação, cobrança e contabilização.
- **Sistema de Cobrança (COB)**: um Sistema COB oferece apoio computacional à cobrança de débitos de clientes de uma empresa operadora de telecomunicações. Esse tipo de sistema deve oferecer um conjunto de serviços eletrônicos, incluindo, por exemplo: aplicação, atualização e cancelamento de

ações de cobrança; aplicação, atualização e cancelamento de reversões de ação de cobrança; inclusão e exclusão de registros de cheques irregulares; parcelamento e cancelamento de débitos de clientes; cancelamento de encargos (tais como multas e juros); e concessão de descontos para pagamento de dívidas. Com relação às ações de cobrança, existem diferentes tipos de ação que podem ser aplicadas, tais como: notificação de débito (por correspondência normal, por correspondência eletrônica ou por telefone), suspensão do fornecimento de serviços contratados (podendo ser uma suspensão parcial ou total) e ações legais contra o cliente em débito.

O estudo de caso considerou que uma empresa operadora de telecomunicações, que opera um Sistema CRM, contrata os serviços de cobrança de débitos de outra empresa especializada em cobrança, que opera um Sistema COB, criando assim um processo de negócio interorganizacional. Cada sistema oferece um conjunto de serviços eletrônicos – implementados e disponibilizados como serviços Web, para serem usados pelo outro sistema.

#### 4.4.2. Contrato Eletrônico

Um contrato eletrônico (Hoffner et al. 2001) é um documento eletrônico usado para representar acordos entre organizações parceiras que realizam negócios usando a Internet. Um contrato tem as seguintes funções:

- Função técnica inclui as partes representando os interessados envolvidos no negócio; as atividades descrevendo os serviços a serem executados e as cláusulas representando as restrições a serem obedecidas na execução das atividades.
- Função legal que define os procedimentos legais para o caso de quebra do acordo e para a necessidade de arbitragem como a definição de fórum apropriado.

As cláusulas de contratos eletrônicos podem ser divididas em três tipos de restrições contratuais (Marjanovic et al., 2002):

- Obrigações: descrevem o que as partes deveriam fazer – como, por exemplo: “um cliente deve pagar por um serviço de acordo com os termos de pagamento”.



- Permissões (ou Direitos): descrevem o que as partes podem fazer – como, por exemplo: “um cliente pode opcionalmente solicitar informações sobre o estado atual do fornecimento de um determinado serviço”.
- Proibições: descrevem o que as partes não podem fazer – como, por exemplo: “não é permitido que um cliente cancele um pedido depois que algum serviço já foi executado”.

As restrições do tipo “obrigações” normalmente incluem cláusulas contratuais de atributos de qualidade de serviço (QoS) associadas aos serviços eletrônicos.

Com relação a atributos de QoS, um mesmo serviço eletrônico pode ser oferecido por uma organização com diferentes níveis de QoS para diferentes organizações consumidoras – em função do valor que a organização consumidora está disposta a pagar. Durante o estabelecimento de um contrato eletrônico, para cada atributo de QoS, um valor deve ser definido para ser usado como tolerável (por exemplo, um valor mínimo, máximo, ou exato) durante a realização de um contrato eletrônico.

#### 4.4.3. Estágios para Estabelecimento de Contratos Eletrônicos

Cinco estágios são necessários para firma-se um contrato eletrônico. Os três primeiros estágios lidam com o desenvolvimento do molde de contrato e os dois últimos, com o desenvolvimento do contrato propriamente dito. O restante dessa subseção descreve esses estágios.

- I) **Desenvolvimento do molde de contrato**: esses estágios envolvem atividades relacionadas ao desenvolvimento de novos moldes de contrato ou à atualização de contratos pré-existentes:
  1. Elaboração dos modelos para serviços eletrônicos: dois modelos são elaborados para representar os serviços eletrônicos e os atributos de qualidade de serviço (QoS), um para cada uma das organizações que desejam estabelecer o contrato eletrônico;
  2. Criação do molde de contrato eletrônico: tendo os dois modelos para serviços eletrônicos como base, um molde de contrato eletrônico é criado.

Ele conterá informações necessárias que podem ser usadas em qualquer contrato eletrônico estabelecido a partir dos dois modelos de serviços criados no estágio 1;

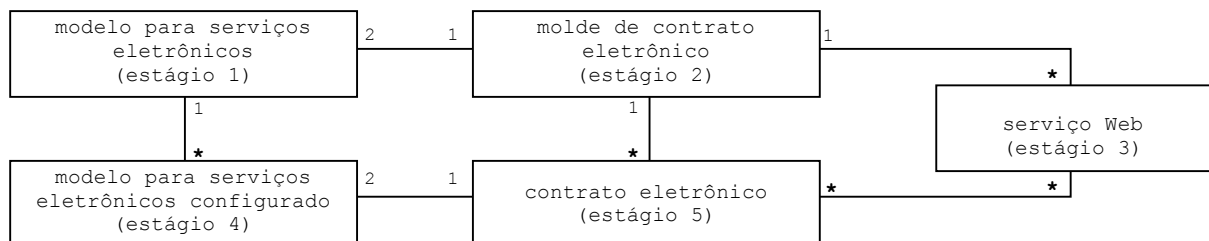
3. Desenvolvimento e publicação dos serviços Web: serviços Web que implementam os serviços eletrônicos contratados devem ser desenvolvidos e publicados para estarem disponíveis durante a realização do processo de negócio contido no contrato eletrônico.

II) **Desenvolvimento do contrato**: esses estágios abrangem atividades relacionadas à criação de novas instâncias de contratos baseados no molde de contrato:

4. Configuração dos modelos para serviços eletrônicos: os dois modelos para serviços eletrônicos são então configurados para representar os serviços eletrônicos e níveis dos atributos de QoS para um determinado processo de negócio entre duas organizações;
5. Criação da instância de contrato eletrônico para serviços Web: um contrato eletrônico é produzido por meio do refinamento do molde de contrato eletrônico, com base no par de modelos para serviços eletrônicos configurados no Estágio 4.

#### 4.4.4. Artefatos Produzidos

A Figura 13 mostra, com um diagrama de classes, os artefatos produzidos por meio da realização dos cinco estágios descritos anteriormente, bem como o relacionamento entre os artefatos.



**Figura 13** Relacionamento entre os artefatos produzidos pelo processo.

O modelo para serviços eletrônicos é o artefato base a partir do qual um único molde de contrato eletrônico para serviços Web é criado e um

ou mais modelos para serviços eletrônicos configurados são derivados. Para cada modelo configurado, um contrato eletrônico para serviços Web particular é estabelecido. Os contratos eletrônicos são estabelecidos com base no mesmo molde de contrato eletrônicos para serviços Web. Cada serviço Web que implementa um determinado serviço eletrônico do modelo para serviços eletrônicos é referenciado por um molde de contrato eletrônico. Somente os serviços Web que implementam os serviços eletrônicos do modelo configurado são referenciados pelo contrato eletrônico correspondente.

### **Estágio 1 - Elaboração dos modelos para serviços eletrônicos**

Cada organização deve oferecer um modelo que represente as informações sobre os serviços a serem disponibilizados por cada uma delas. Os serviços eletrônicos oferecidos pelas organizações e representados nos modelos podem ser obrigatórios/opcionais/alternativos para o processo de negócio a ser definido. Além dos serviços eletrônicos, atributos de qualidade de serviço (QoS) também podem ser representados incluindo as propriedades – métrica (por exemplo: “tempo” e “volume”/”quantidade”) e unidade (por exemplo: a unidade “segundos” para a métrica “tempo”). Diferentes atributos de QoS podem ser definidos para representar informações relacionadas a: disponibilidade, integridade, confiabilidade, segurança, desempenho e tempo de resposta de serviços eletrônicos.

A Figura 14 mostra um modelo para serviços eletrônicos. O modelo apresentado descreve as informações sobre serviços eletrônicos e atributos de QoS de um sistema de Cobrança de uma determinada organização. A parte superior do modelo apresenta informações sobre os serviços eletrônicos oferecidos, enquanto que a parte inferior apresenta informações sobre os atributos e níveis de QoS que podem ser associados a tais serviços eletrônicos. Dentre os serviços eletrônicos disponibilizados pelo sistema de Cobrança encontram-se serviços relacionados a: aplicação, consulta, cancelamento e atualização de ações de cobrança e de reversões de ação de cobrança; além de outros serviços, não detalhados, relacionados a cheques irregulares, dívidas, encargos e descontos, e cadastros de cliente. Em relação aos atributos e níveis de QoS, são apresentados atributos relacionados a: segurança, disponibilidade, tempo de espera,

acessos simultâneos, desempenho e tempo de resposta. Para este último, alguns possíveis níveis de QoS são apresentados.

## **Estágio 2 - Criação do molde de contrato eletrônico**

Nesse estágio são usados os dois modelos para serviços criados no estágio anterior. As informações obrigatórias do molde de contrato são diretamente incorporadas no contrato eletrônico, enquanto que a decisão sobre a presença de informações opcionais ou alternativas é adiada até o momento da negociação dos serviços eletrônicos e níveis de QoS a serem contratados (Estágio 4).

Um molde de contrato eletrônico contém três seções:

- Serviços Web na linguagem WSDL: Existem duas seções de definição WSDL no molde de contrato eletrônico – uma para cada uma das duas organizações envolvidas no contrato de negócio interorganizacional.
- Atributos de QoS para serviços Web na linguagem WS-Agreement: essa seção contém a descrição dos atributos de QoS, e seus respectivos níveis, relacionados com os serviços Web envolvidos.
- Processo de negócio envolvendo serviços Web na linguagem WS-BPEL: essa seção define o processo de negócio envolvendo um par de organizações cooperativas.

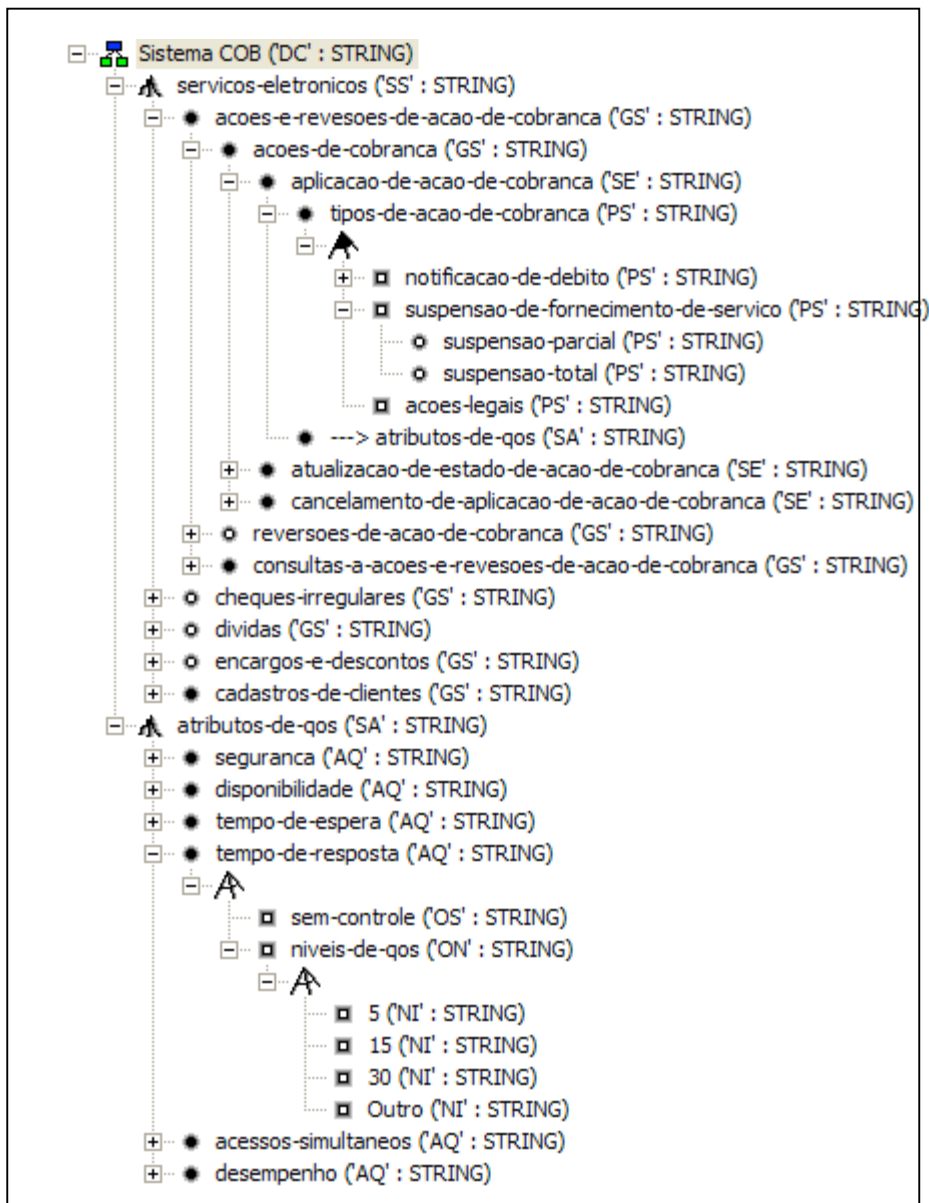


Figura 14 Exemplo de modelo para serviços eletrônicos.

#### Estágio 4 - Configuração dos modelos para serviços eletrônicos

Nesse estágio, os dois modelos para serviços eletrônicos elaborados no Estágio 2 são configurados. Essa configuração corresponde à fase de negociação em que os serviços eletrônicos e os atributos e níveis de QoS são escolhidos. O par de modelos configurados resultante desse estágio representa a informação a ser realmente usada no processo de negócio sendo contratado.

Portanto, a configuração dos modelos de características para serviços eletrônicos mantém as características obrigatórias que representam os serviços eletrônicos e/ou atributos de QoS; enquanto que as características opcionais e alternativas são escolhidas de acordo com a negociação realizada entre as partes.

Na Figura 15, é apresentada parte de uma configuração do modelo para serviços eletrônicos do sistema de cobrança correspondente ao modelo apresentado na Figura 14.

As características obrigatórias são apresentadas como pré-selecionadas; algumas características opcionais/alternativas são apresentadas selecionadas enquanto outras não. Por exemplo, apenas algumas sub-características da característica **tipos-de-acao-de-cobranca**, todas opcionais/alternativas do tipo propriedade de serviço, foram selecionadas. Com relação aos atributos de QoS, **tempo-de-resposta** está associado aos serviços eletrônicos – **aplicacao-de-acao-de-cobranca** e **atualizacao-de-estado-de-acao-de-cobranca** com níveis de QoS **15** e **sem-controle**, respectivamente.

### **Estágio 5 - Criação da instância de contrato**

Nesse estágio, o molde de contrato eletrônico é refinado levando-se em consideração os dois modelos para serviços eletrônicos configurados no estágio anterior.

#### **4.4.5. Lições Aprendidas**

Os três pontos seguintes resumem os ganhos obtidos durante a realização do estudo de caso:

- **Representação adequada de serviços eletrônicos por modelos de serviços eletrônicos:** os modelos de serviços eletrônicos foram considerados adequados para a representação de informações relativas a serviços eletrônicos e a atributos e níveis de QoS.
- **Completitude do modelo de contrato eletrônico para serviços Web:** o modelo definido inclui os itens mais relevantes requeridos em um contrato

eletrônico para serviços Web (descrição de serviços, QoS e processos). Sua estrutura bem definida mostra o potencial reuso para o domínio de aplicação relativo a contratos eletrônicos.

- **Melhor estruturação, facilidade de compreensão, maior rapidez no estabelecimento de contratos:** a realização do estudo de caso demonstrou que o uso de modelos de serviços eletrônicos durante o estabelecimento de contratos eletrônicos, os torna mais simples, mais estruturados e de fácil compreensão. A abordagem proposta melhora o reuso de informações e artefatos, permitindo o estabelecimento mais rápido de novos contratos.

## 5. Conclusões

Esse fascículo descreveu os principais pontos que foram abordados durante a realização do workshop empresarial "Sistemas de Gestão de Processos de Negócios: Desafios e Oportunidades", no ENEGEP 2007. Os desafios abordados envolvem as quatro fases - modelagem, configuração, execução e análise - do ciclo de vida da gestão de processos de negócios e consistem nas questões: (i) Como coletar informação objetivamente para criar os modelos de processos?; (ii) Como coordenar processos intra-/inter-organizações?; (iii) Como desenvolver contratos eletrônicos e garantir qualidade de serviço (QoS)?; e (iv) Como verificar e prover feedback sobre como o sistema de gerência de processos está efetivamente sendo utilizado?. Como explicado, respostas para a primeira e quarta perguntas podem ser obtidas através do uso de técnicas de mineração de processos. As técnicas de serviços web e contratos eletrônicos foram utilizadas para responder às outras duas questões. Adicionalmente, estudos de casos foram relatados para ilustrar como essas técnicas têm sido utilizadas na prática.





## Referências

- W.M.P. van der Aalst, H. A. Reijers, A. J. M. M. Weijters, B. F. van Dongen, A.K. Alves de Medeiros, M. Song, and H. M. W. Verbeek. Business process mining: An industrial application. *Information Systems*, 32(5):713–732, 2007a.
- W.M.P. van der Aalst, B.F. van Dongen, C.W. Günther, R.S. Mans, A.K. Alves de Medeiros, A. Rozinat, V. Rubin, M. Song, H.M.W. Verbeek, and A.J.M.M. Weijters. ProM 4.0: Comprehensive Support for Real Process Analysis. In J. Kleijn and A. Yakovlev, editors, *Application and Theory of Petri Nets and Other Models of Concurrency (ICATPN 2007)*, volume 4546 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 484-494. Springer-Verlag, Berlin, 2007b.
- W.M.P. van der Aalst, A.J.M.M. Weijters, and L. Maruster. Workflow Mining: Discovering Process Models from Event Logs. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 16(9):1128–1142, 2004.
- W.M.P. van der Aalst, H.T. de Beer, and B.F. van Dongen. Process Mining and Verification of Properties: An Approach Based on Temporal Logic. In R. Meersman, Z. Tari, M.-S. Hacid, J. Mylopoulos, B. Pernici, Ö. Babaoglu, H.-A. Jacobsen, J.P. Loyall, M. Kifer, and S. Spaccapietra, editors, *OTM Conferences (1)*, volume 3760 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 130–147. Springer, 2005a.
- W.M.P. van der Aalst, H.A. Reijers, and M. Song. Discovering Social Networks from Event Logs. *Computer Supported Cooperative Work*, 14(6): 549–593, 2005b.
- W.M.P. van der Aalst, H.A. Reijers, A.J.M.M. Weijters, B.F. van Dongen, A.K. Alves de Medeiros, M. Song, and H.M.W. Verbeek. Business process mining: An industrial application. *Information Systems*, 32(1):713–732, 2007b.
- G. Alonso, F. Casati, H. Kuno and V. Machiraju, *Web services: Concepts, Architectures, and Applications* (Springer Verlag, Berlin, 2003).
- A. Alves et al., *Business Process Execution Language for Web Services Version 2.0*, OASIS Standard, 2007, <http://docs.oasis-open.org/wsbpel/2.0/OS/wsbpel-v2.0-OS.html>, acessado em janeiro de 2008.

- A.K. Alves de Medeiros. Genetic Process Mining. PhD thesis, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2006.
- A.K. Alves de Medeiros, A. J. M. M. Weijters, and Wil M. P. van der Aalst. Genetic Process Mining: an Experimental Evaluation. *Data Mining Knowledge Discovery*, 14(2): 245–304, 2007b.
- A. Andrieux et. al., Web Services Agreement Specification (WS-Agreement) 2007, <http://www.ogf.org/documents/GFD.107.pdf>, acessado em janeiro de 2008.
- S Bajaj et al., Web Services Policy Framework (WS-Policy) Version 1.2 Specification. W3C, 2006. <http://www.w3.org/Submission/2006/SUBM-WS-Policy-20060425/>, acessado em janeiro de 2008.
- T. Bray et al., Extensible Markup Language (XML), W3C Recommendation, 2006 <http://www.w3.org/XML/>.
- R. Chinnici et al., Web Services Description Language Part 1 Core Language Version 2.0 Specification. W3C, 2007. <http://www.w3.org/TR/2007/REC-wsdl20-20070626/>, acessado em janeiro de 2008.
- L. Clement et al., Universal Description Discovery & Integration Version 3.0.2 Specification. OASIS, 2004. <http://uddi.org/pubs/uddi-v3.0.2-20041019.htm>, acessado em janeiro de 2008.
- J.E. Cook, Z. Du, C. Liu, and A.L. Wolf. Discovering Models of Behavior for Concurrent Workflows. *Computers in Industry*, 53(3):297–319, 2004.
- U. Dayal, M. Hsu and R. Ladin. Business Process Coordination: State of the Art, Trends and Open Issues, *Proceedings of VLBD*, Roma, 2001.
- B.F. van Dongen. Process Mining and Verification. PhD thesis, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2007.
- B.F. van Dongen and W.M.P. van der Aalst. Multi-phase Process mining: Aggregating Instance Graphs into EPCs and Petri Nets. In *Proceedings of the Second International Workshop on Applications of Petri Nets to Coordination, Workflow and Business Process Management (PNCWB)*, 2005.
- M. Dumas, A.H.M ter Hofstede, and W.M.P. van der Aalst, editors. *Process Aware Information Systems*. Wiley Publishing, 2005.

- M. Fantinato, I. M. S. Gimenes, M. B. F. Toledo. Web Service E-Contract establishment using Features. In: Fourth International Conference on Business Process Management, 2006, Viena. Proceedings of the 4th Int. Conference on Business Process Management, 2006.
- M. Fantinato, Uma Abordagem Baseada em Características para o Estabelecimento de Contratos Eletrônicos para Serviços Web, tese de Doutorado, Instituto de Computação, UNICAMP, 2007.
- G. Greco, A. Guzzo, L. Pontieri, and D. Saccà. Discovering expressive process models by clustering log traces. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 18(8):1010–1027, 2006.
- G. Greco, A. Guzzo, G. Manco, and D. Saccà. Mining unconnected patterns in workflows. *Information Systems*, 32(5):685–712, 2007.
- D. Grigori, F. Casati, M. Castellanos, U. Dayal, M. Sayal, and M. Shan. Business process intelligence. *Computers in Industry*, 53(3):321–343, 2004.
- C.W. Günther and W.M.P. van der Aalst. Fuzzy mining - adaptive process simplification based on multi-perspective metrics. In G. Alonso, P. Dadam, and M. Rosemann, editors, *BPM*, volume 4714 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 328–343. Springer, 2007.
- J. Herbst and D. Karagiannis. Workflow Mining with InWoLvE. *Computers in Industry*, 53(3):245–264, 2004.
- Y. Hoffner, S. Field, P. Grefen and H. Ludwig, Contract-Driven Creation and Operation of Virtual Enterprises, *Computer Networks* 37, 2001, 111-136.
- D. Hollingsworth, The Workflow Reference Model 10 Years On. *Workflow Handbook 2005*
- P. T. G. Hornix. Performance Analysis of Business Processes Through Process Mining. Master's thesis, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2007.
- F. Leymann, D. Roller and M.-T. Schmidt, Web Services and Business Process Management, *IBM Systems Journal* 41(2), 2002, 198-211.

- L.T. Ly, S. Rinderle, P. Dadam, and M. Reichert. Mining Staff Assignment Rules from Event-Based Data. In *Business Process Management Workshops*, pages 177–190, 2005.
- O. Marjanovic and Z. Milosevic, Towards Formal Modeling of e-Contracts, in *Proc. EDOC*, Seattle, 2001 (IEEE Computer Society, Washington, 2002), pp. 59-68.
- D.A. Menasce, QoS Issues in Web Services, *IEEE Internet Computing* 6(6), 2002, 72-75.
- N. Mitra, Y. Lafon, SOAP Part 0 Primer Version 1.2 Specification. W3C, 2007, <http://www.w3.org/TR/soap12-part0/>, acessado em janeiro de 2008.
- M. Papazoglou and D. Georgakopoulos, Service-Oriented Computing, *Comm. of the ACM* 46(10), 2003, 24-28.
- S.S. Pinter and M. Golani. Discovering Workflow Models from Activities' Lifespans. *Computers in Industry*, 53(3):283–296, 2004.
- A. Rozinat and W. M. P. van der Aalst. Conformance checking of processes based on monitoring real behavior. *Inf. Syst.*, 33(1):64–95, 2008.
- A. Rozinat and W. M. P. van der Aalst. Decision Mining in ProM. In Schahram Dustdar, José Luiz Fiadeiro, and Amit P. Sheth, editors, *Business Process Management*, volume 4102 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 420–425. Springer, 2006.
- A. Rozinat, I.S.M. de Jong, C.W. Günther, and W. M. P. van der Aalst. Process Mining of Test Processes: A Case Study. BETA Working Paper Series, WP 220, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2007.
- G. Schimm. Mining Exact Models of Concurrent Workflows. *Computers in Industry*, 53(3):265–281, 2004.
- M. Song and W.M.P. van der Aalst. Towards Comprehensive Support for Organizational Mining. BETA Working Paper Series, WP 211, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2007.
- K. Terplan, *OSS Essentials: Support System Solutions for Service Providers* (John Wiley & Sons, New York, 2001).

- M. Weske. Business Process Management: concepts, languages, architectures. Springer, 2007.
- L. Wen, W. M. P. van der Aalst, J. Wang, and J. Sun. Mining process models with non-free-choice constructs. *Data Mining Knowledge Discovery*, 15(2): 145–180, 2007.
- WfMC – Workflow Management Coalition. Workflow Reference Model. Bruxelles, Jan. 1995. 55p. (Document number TC00-1003).