

Evaluation of quality of Business Process Model (BPM): A proposal for Service Oriented Architecture

Bruna Alessandra Camargo Pereira (Universidade Católica de Brasília, Brasília, Brasil) – brunamenza@gmail.com

Claudia de Oliveira Melo (Universidade Católica de Brasília, Brasília, Brasil) – claudia.melo.prof@gmail.com

Rejane Maria da Costa Figueiredo (Universidade de Brasília – UNB. Faculdade UnB Gama – FGA. Brasília/DF – Brasil) - rejanecosta@unb.br

Abstract. With the change in the current market, where business processes are used as starting point for the firm's survival, the use of Business Process Management (BPM) and Service Oriented Architecture (SOA) to bear this change is growing considerably. Quality verification of business process modeling becomes important to the service development since it reveals problems on models before delivering to IT teams. Our goal is to present a set of metrics adapted to verify the quality of BPM process models in the context of SOA development process.

Keywords: SOA, BPM, Quality verification, Business Process Model evaluation, Service development.

Avaliação de qualidade de Modelo de Processo de Negócio (BPM): Uma proposta voltada para a Arquitetura Orientada a Serviço

Resumo. Com a mudança do mercado atual, onde os processos são utilizados como ponto de partida para a sobrevivência da empresa, vem crescendo consideravelmente a utilização da Gestão de Processo de negócios (BPM) e da Arquitetura Orientada a Serviço (SOA) para suportar essa mudança. A verificação de qualidade de modelos de processo de negócio torna-se importante para o desenvolvimento de serviços na medida em que revelam problemas na modelagem de negócio que será entregue à área de TI. O objetivo deste artigo é apresentar um conjunto de métricas adaptadas para a verificação de qualidade de modelos de processo BPM em um processo de desenvolvimento SOA.

Palavras-chave: SOA, BPM, Verificação de qualidade, Avaliação de modelos de processo de negócio, Desenvolvimento de serviços.

1. Introdução

Devido aos constantes desafios, mudanças e a quebra de paradigmas organizacionais as empresas precisam ser ágeis e dinâmicas para sobreviverem no mercado. Cada vez mais os clientes e acionistas exigem aspectos como qualidade, produtividade e redução dos custos de operação [CUNHA *et al*, 2007].

Com o objetivo de se adequarem às exigências, as empresas passaram a analisar sua operação de negócio como um conjunto de funções interconectadas - processos e serviços [VIEIRA, 2007]. Para tanto, surgem como instrumentos de auxílio a *Business Process Management* – BPM (Gestão de Processo de negócio) e a *Service Oriented Architecture* – SOA (Arquitetura Orientada a Serviço).

A BPM tem como objetivo, melhorar o gerenciamento do ambiente de negócio, proporcionando maior agilidade e autonomia no desempenho operacional da transação realizada por meio dele. A SOA é um estilo de arquitetura que promove o alinhamento da tecnologia da informação (TI) com os objetivos estratégicos da organização, provendo as capacidades para que os serviços sejam combinados para apoiar e criar um empreendimento ágil e flexível [McCOY *et al.*, 2008].

Apesar da modelagem de processo ser considerada uma das etapas mais importantes do processo de desenvolvimento [LINDERMANN, 2004], a maior parte dos modelos de desenvolvimento de serviços da literatura [ALLEN, 2007][ARSANJANI, 2004][ERRADI *et al*, 2007][MITTAL, 2006][PAPAZOGLU and HEUVEL, 2006][ZIMMERMANN *et al.*, 2004] não propõe técnicas para a verificação de qualidade na etapa de “modelagem do processo de negócio”. No entanto, a intenção, na grande maioria, era de realizar adaptações de métricas de *software* para processo de negócio, ou mesmo avaliar a qualidade das técnicas de modelagem utilizadas.

Pôde-se observar, também, que apesar de apresentarem um conjunto de metodologias de desenvolvimento para SOA, a grande maioria das metodologias levantadas apresentaram em seu ciclo de desenvolvimento algumas verificações de qualidade, como por exemplo, aplicação de testes funcionais e de desempenho, porém em nenhum momento houve referência à aplicação de métricas de garantia da qualidade na etapa de modelagem do desenvolvimento de software baseado em SOA [ROMALLARI *et al.*, 2006].

A garantia da qualidade se dá por meio de controles como medições, verificações e validações. Tais controles ajudam a garantir que o produto final possua uma qualidade aceitável e que atenda às necessidades levantadas [LINDERMANN, 2004]. Conforme [HEBNER, 2006], o foco da gestão da qualidade SOA está nas necessidades de negócio tanto quanto nas de TI, pois um serviço deve, primariamente, satisfazer os requisitos de negócio.

O objetivo deste trabalho é propor um conjunto de métricas para apoiar a verificação de qualidade de modelos de processo de negócio BPM utilizados no projeto e construção de aplicações SOA. Estas métricas buscam avaliar a complexidade e o grau de dificuldade em entender e manter um modelo de processo de negócio. As medidas resultantes podem auxiliar a equipe de negócios a produzir modelos mais inteligíveis e manuteníveis para a área de TI, o que contribuirá para a qualidade do serviço desenvolvido. Para garantir que o objetivo seja alcançado foram selecionados quatro processos de negócio diferentes, tanto na sua estrutura, tamanho quanto no nível de

compreensão e foi aplicado o conjunto de métricas propostas. Os resultados encontrados foram avaliados e apresentados neste trabalho.

Na Seção 2 apresentam-se o conceito de BPM e suas particularidades no que se refere à modelagem de processo de negócio; na Seção 3 apresentam-se os conceitos de SOA e as características que a unem ao BPM; na Seção 4 é apresentada uma lista de métricas empregadas para mensurar a qualidade do processo de negócio que será automatizado na SOA; e na Seção 5 apresentam-se um estudo de caso e resultados. Na Seção 6 apresentam-se as conclusões e trabalhos futuros.

2. BPM

A Gestão de Processo de negócio - BPM (*Business Process Management*) consiste em uma metodologia de gestão de processos que ajuda as empresas a identificarem a importância estratégica de seus processos e a tirar vantagens competitivas disso [SOUZA, 2008]. É composta de seis elementos básicos: objetivos de negócio, modelagem de processos, execução, monitoração, análise e otimização dos processos [BENEDETE, 2006]. Dentre esses elementos, conforme [MA & LEYMAN, 2008], o que está sendo considerado como um dos mais importantes é a modelagem de processo de negócio, uma vez que, a qualidade dos processos de negócio resultante desse elemento é decisiva para o sucesso da gestão do processo organizacional.

A modelagem de processo de negócio ganhou uma grande aceitação como uma valiosa técnica de desenho e gestão para uma série de propósitos [LINDERMANN, 2004]. Um deles é dar suporte à comunicação entre os *stakeholders* no processo de desenvolvimento. Para tanto, é necessário que o modelo construído seja de fácil compreensão e manutenção [GRUHN e LAUE, 2006a].

Os modelos de negócio construídos na etapa de modelagem têm como objetivo descrever como funciona o negócio em si e apresentar as atividades envolvidas e a maneira como elas se relaciona uma com as outras, e como se interagem com os recursos necessários para alcançá-los (“As Is”). Logo os processos de negócio são utilizados, conforme o trabalho de [ROLÓN *et al.*, 2006], para:

- Facilitar a compreensão dos mecanismos chaves de um negócio;
- Criar Sistemas de Informação apropriados que dêem suporte ao negócio. Sistema de informação é um subsistema das organizações, isto é, agente de otimização dos processos da empresa que auxilia a dinâmica de mudanças organizacionais [TONSIG, 2003];
- Melhorar a estrutura operativa do negócio;
- Mostrar a estrutura do negócio inovado; e
- Facilitar o alinhamento das tecnologias de informação e comunicação com as necessidades e estratégias do negócio.

Um modelo de processo de negócio, além de apresentar todas as funcionalidades supracitadas, serve como entrada para a atividade de identificação de serviços na SOA [RYCHLÝ & WEISS, 2007].

O modelo precisa representar exatamente o que o negócio necessita. O termo “negócio” refere-se a qualquer tipo de área que uma empresa representa. Nesse caso, é necessário compreender a estrutura e a dinâmica da organização (“As Is”), levantar os

problemas atuais, identificar oportunidades de melhoria e promover o entendimento comum quanto à situação desejada para a organização, isto é, as metas que a empresa deseja alcançar com a modelagem (“To Be”). Somente após esse trabalho, os requisitos para o sistema de *software*, que ofereceria suporte à organização, poderiam ser identificados [ANDRADE *et al.*, 2004].

3. Arquitetura Orientada a Serviço

A Arquitetura Orientada a Serviço - SOA (*Service Oriented Architecture*) é uma abordagem de projeto que promove o melhor alinhamento da TI com as necessidades da empresa. Refere-se a um estilo de planejamento da estratégia de TI diretamente alinhado aos objetivos dos negócios de uma organização. Este alinhamento permite a tradução das funcionalidades das aplicações em serviços padronizados e inter-relacionados [ERL, 2005].

O princípio que rege uma SOA é de que uma aplicação grande e complexa deve ser evitada e substituída por um conjunto de aplicações pequenas e simples. Ou seja, uma aplicação passa a ser fisicamente composta por vários e pequenos módulos especializados, que são conhecidos como serviço, distribuídos, acessados remotamente, interoperáveis e reutilizáveis por *software* que são unidos a padronizações adotadas, podendo ainda ser rapidamente recomposta para o processo desejado [CUNHA *et al.*, 2008].

Serviço é definido como a menor unidade de uma aplicação SOA. Pois, representa a realização de uma tarefa dentro de um processo de negócio. Recebe uma entrada e realiza uma operação ou produz uma saída [ERL, 2005]. Um serviço é um recurso abstrato que representa uma capacidade de efetuar tarefas que formam uma funcionalidade coerente do ponto de vista de entidades provedoras e entidades requisitantes. Para ser usado um serviço deve ser realizado por um agente provedor concreto [W3C, 2004].

Segundo [KOCH, 2003], as vantagens da SOA podem ser analisada sob dois níveis: primeiro, as vantagens táticas do desenvolvimento orientado a serviços que seriam a reutilização de *software*, aumento da produtividade e maior agilidade. Segundo nível são as vantagens da SOA como estratégia de arquitetura global, cuja vantagem principal seria o melhor alinhamento com o negócio.

3.1. SOA e BPM

Um dos objetivos de SOA, assim como da BPM, é gerar uma resposta mais rápida às mudanças de requisitos de negócio, inclusive, conformidade, integração e aquisição, apresentação de produtos e serviços.

A Figura 1 representa, de forma geral, o modo como os conceitos de BPM e SOA se relacionam. A camada superior *Business Process* apresenta os processos de negócio que serão modelados pela área de negócio. Os processos modelados poderão ser implementados como uma composição de serviços oferecidos na camada de serviços. Tais serviços poderão se tornar componentes ou não. A última camada ilustra como um serviço pode ser implementado.

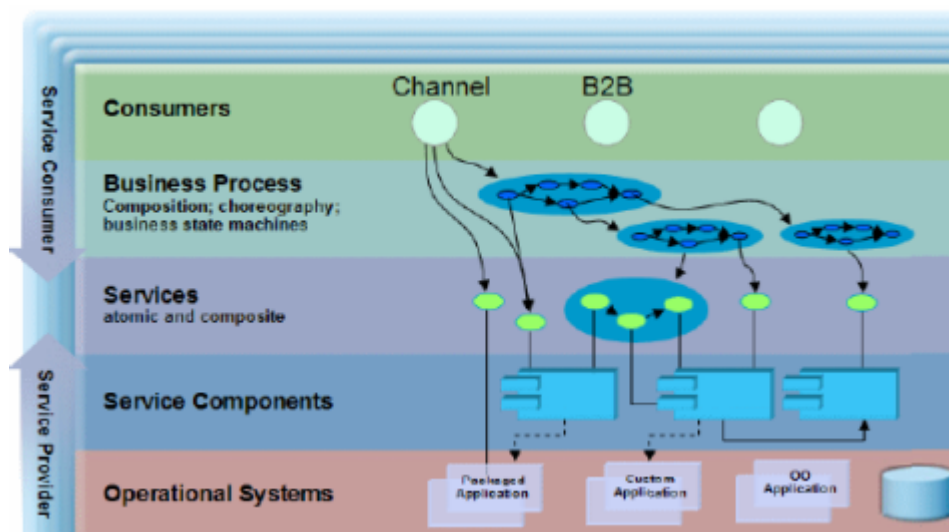


Figura 1. Alinhamento dos conceitos BPM e SOA. Fonte: [WAHLI *et al.* 2007]

BPM e SOA juntos prometem eliminar as redundâncias funcionais, aumentar a flexibilidade, a rapidez e qualidade da implementação, isto é, reduzir o custo do negócio. A união de BPM e SOA tem como objetivo permitir uma melhor adequação entre os objetivos de serviços de TI e os objetivos de negócio [DESBOUIS, 2007]. A finalidade é permitir que a tecnologia opere de maneira efetiva e ágil, requisitos imprescindíveis aos negócios atuais [BENEDETE, 2007]. Na junção dos dois modelos a SOA compreende os negócios, requisitos funcionais e os serviços requeridos para suportar o processo [IBM, 2006].

Pretende-se garantir, com a modelagem de negócio, que os requisitos da área de negócio representados pelo modelo, que ora servirão como entrada para a identificação dos serviços SOA, possam ser compreendidos e implementados pela área de TI com maior eficácia.

3.2. Avaliação de modelos de processos de negócio

Uma das principais razões para o crescimento, ainda que pequeno, de pesquisas na área da Modelagem de Processo de Negócio, é o fato de ela ter se tornado um fator relevante para o sucesso e sobrevivência das empresas [ROLÓN *et al.*, 2007b]. A Tabela 1 apresenta os principais trabalhos publicados.

Com o objetivo de avaliar os Processos de Negócio e os sistemas de *software* que os apóiam, [AVERSANO *et al.*, 2004] definiram o *framework* de medição que avalia a eficiência e efetividade dos processos de negócio. A eficiência é a capacidade do produto de *software* apresentar desempenho apropriado relativo à quantidade de recursos usados sob condições específicas [ISO 9126-1, 2003]. A efetividade é a capacidade do produto de *software* de permitir aos usuários empregarem quantidade apropriada de recursos em relação à eficácia obtida, em um contexto de uso especificado [AVERSANO *et al.*, 2004]. Conforme a norma [ISO 9126-1, 2003], a efetividade é vista como a capacidade do produto de *software* de permitir que usuários atinjam metas especificadas com acurácia e completitude, em um contexto de uso especificado.

Tabela 1 - Classificação das pesquisas sobre métricas de processo.

Classificação	Tipo de aplicação	Autor(es)
Qualidade dos métodos de modelagem	Avaliação da qualidade dos métodos de modelagem de processo de negócio.	[HOMMES e REIJSWOUD, 2000]
Eficiência e Efetividade dos processos	Framework de medição e GQM	[AVERSANO <i>et al.</i> , 2004]
Métricas de complexidade	Adaptação das métricas de complexidade de software para processos de negócio. O objetivo é medir o grau de inteligibilidade, modificabilidade, complexidade, nível de coesão e acoplamento entre outros.	[GRUHN e LAUE, 2006a], [VANDERFEESTEN <i>et al.</i> , 2007a], [ROLÓN <i>et al.</i> , 2006], [CARDOSO <i>et al.</i> , 2006], [VANDERFEESTEN <i>et al.</i> , 2007a], [SHAO & WANG, 2003], [GRUHN e LAUE, 2006b]

O *framework* definido possui os seguintes objetivos: avaliar a eficiência do processo, avaliar a satisfação do usuário e do funcionário, e avaliar a qualidade em uso do sistema de *software* sob o ponto de vista do usuário final. O primeiro refere-se à eficiência do processo sob o ponto de vista do gerente, o segundo trata da avaliação da efetividade. A Figura 2 apresenta a relação das métricas para avaliar a eficiência e a Figura 3 mostra as métricas para medir a qualidade em uso do processo.

Characteristic	Name	Calculation
COST	Total cost of the process	$C = \sum_{j=1}^{n^A} (C_j^H + C_j^{SW} + C_j^{HW} + C_j^{Ox})$
	Total cost of the human resources for the activity <i>j</i>	$C_j^H = \sum_{i=1}^{n_j^H} c_{ij}^H n_{ij}^H t_{ij}^H$
	Total cost of SW resources for the <i>j</i> -activity	$C_j^{SW} = \sum_{i=1}^{n_j^{SW}} c_{ij}^{SW} n_{ij}^{SW} t_{ij}^{SW}$
	Total cost of the HW resources for the activity	$C_j^{HW} = \sum_{i=1}^{n_j^{HW}} c_{ij}^{HW} n_{ij}^{HW} t_{ij}^{HW}$
	Total cost of the other types of resources for the <i>j</i> -activity	$C_j^{Ox} = \sum_{i=1}^{n_j^{Ox}} c_{ij}^{Ox} n_{ij}^{Ox} t_{ij}^{Ox}$
PRODUCTIVITY	Productivity of the process	$P = \frac{\sum_{j=1}^{n^A} P_j}{n^A}$
	Productivity for the <i>j</i> -activity	$P_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_{out_j}} P_{ij}}{n_{out_j}}$
	Productivity of the output of category <i>i</i> for the <i>j</i> -activity	$P_{ij} = \frac{n_{out_{ij}}}{t_{out_{ij}}} \cdot compl_{out_{ij}}$

Figura 2 - Métrica para avaliar a eficiência. Fonte: [AVERSANO *et al.*, 2004]

Code	Metric Identifier	Questions and Metrics
Q39		Is the software system functionally adequate?
M39.1	f_r	Adequacy level of the software system to the user requirements
M39.2	a_o	Accuracy level of the output of the system
M39.3	i_s	Interoperability level of the system
Q40		Is the software system reliable?
M40.1	t_{mf}	Mean time between failures
M40.2	t_{mr}	Mean time to repair a failure
Q41		Is the software system usable?
M41.1	u_1	Attractiveness of the user interface
M41.2	u_2	Existence of a graphical user interface
M41.3	u_3	Existence of an adequate training in the use of the system
M41.4	u_4	Visibility of the status of the software system
M41.5	u_5	Visibility of the action currently performed by the user
M41.6	u_6	Presence of 'undo' and 'redo' functionalities to recover default conditions
M41.7	u_7	Existence of an <i>interrupt</i> command to suspend an elaboration to be later recovered
M41.8	u_8	Understanding level of the user interface language
M41.9	u_9	Existence of icons associated to the system commands
M41.10	u_{10}	Existence of a short description of the commands when they are used (tool tip)
M41.11	u_{11}	Use of a significant title for each window and/or screen
M41.12	u_{12}	Use of selection lists favouring the use of adequate values in a correct form
M41.13	u_{13}	Consistence of the language and/or graphics in the working environment
M41.14	u_{14}	Coherence in the presentation of the information
M41.15	u_{15}	Existence of the on-line help for each command

Figura 3 – Métrica para avaliar a qualidade em uso do processo. Fonte: [AVERSANO *et al.*, 2004]

O trabalho de [HOMMES e RELJSWOUND, 2000] propôs uma avaliação da qualidade dos métodos de modelagem no Processo de Negócio. Definiram algumas propriedades de qualidade como base para a avaliação das técnicas de modelagem, são elas:

- **Expressividade:** é o grau para o qual uma determinada técnica de modelagem é capaz de denotar os modelos de qualquer número e tipos de domínios de aplicação;
- **Arbitrariedade:** o grau de liberdade para modelar;
- **Adequabilidade:** é o grau no qual uma determinada técnica de modelagem é especialmente adaptada para um tipo específico de domínio de aplicação;
- **Compreensibilidade:** representa a facilidade com que o método de trabalho e a forma de modelagem são entendidos pelos participantes;
- **Coerência:** é o grau em que submodelos de uma forma de modelagem constituem um todo;
- **Completude:** é o grau em que todas as disposições necessárias à aplicação de conceitos estão representadas no domínio na forma de modelagem;
- **Eficiência:** é o grau em que o processo de modelagem utiliza recursos como o tempo e as pessoas; e Eficácia é o grau no qual o processo de modelagem atinge o seu objetivo.

Nas pesquisas realizadas em [GRUHN e LAUE, 2006a], [VANDERFEESTEN *et al.*, 2007a], [SHAO & WANG, 2003] e [CARDOSO *et al.*, 2006] foram apresentadas adaptações das métricas de complexidade de *software* para a modelagem de processos de

negócio e as principais métricas levantadas foram: *Size of the model*, *Control flow complexity*, *Complexidade de Halstead* – HPC, Acoplamento, Coesão, *Modularity* do modelo e Complexidade Cognitiva.

Size of the model

A métrica adaptada para modelo de PN é definida como a soma dos números de atividades do modelo apresentado em [GRUHN e LAUE, 2006]. A medição do tamanho é realizada contando o número de tarefas ou atividades que o processo possui [VANDERFEESTEN *et al.*, 2007a], [GRUHN e LAUE, 2006]. É importante dizer que esta métrica dá uma visão de tamanho e não da funcionalidade ou complexidade do modelo.

Control Flow Complexity

A métrica de CFC (*Control Flow Complexity*) está baseada na análise dos diferentes nós que podem compor um processo (XOR-split, OR-split e AND-split) [GRUHN e LAUE, 2006a]. A principal idéia da métrica é avaliar o número de estados mentais que deve ser considerado quando um analista de negócio está desenvolvendo um processo [CARDOSO *et. al.*, 2006]. Isto é, representa a medida das possíveis decisões no fluxo de controle.

A métrica é composta pela soma de todas as construções de *split*, onde “P” representa processo e “a” representa atividade. Figura 4.

$$CFC(P) = \sum_{a \in P, a \text{ is a xor-split}} CFC_{XOR}(a) + \sum_{a \in P, a \text{ is a or-split}} CFC_{OR}(a) + \sum_{a \in P, a \text{ is a and-split}} CFC_{AND}(a)$$

Figura 4 – Métrica de Control Flow Complexity

O $CFC_{XOR-split}$, $CFC_{OR-split}$ e $CFC_{AND-split}$ são calculados da seguinte forma:

- $CFC_{XOR-split} = \text{fan-out}(a)$
- $CFC_{OR-split} = 2 \text{ fan-out}(a)$
- $CFC_{AND-split} = 1$

Quanto mais alto o valor de $CFC_{XOR-split}$, $CFC_{OR-split}$ e $CFC_{AND-split}$, maior é a complexidade do desenho do processo [GRUHN e LAUE, 2006]. A seguinte escala foi aplicada em [VANDERFEESTEN *et al.*, 2007a] na avaliação dos resultados, no que diz respeito a teste: CFC com valores de 1 a 10 é considerado fácil; se for de 11 a 20 o modelo possui uma complexidade simples; 21 a 50 o processo é complexo e se for maior que 50 ele é considerado intestável.

Na concepção de [CARDOSO *et al.*, 2006], a vantagem da métrica CFC é que pode ser usada como uma métrica de manutenção e qualidade, ela dá a complexidade relativa de um desenho de processo e é fácil de ser aplicada além de ser a melhor opção para medir o número de casos de teste necessários para analisar o modelo [GRUHN e LAUE, 2006a]. A desvantagem inclui a incapacidade de medir a complexidade dos dados.

Complexidade de Halstead - HPC

A métrica foi adaptada por [CARDOSO *et al.*, 2006] e tem como objetivo estimar o tamanho, volume (capacidade) e dificuldade do processo. São calculadas da seguinte forma:

- Tamanho do processo: $N = n1 * \log_2(n1) + n2 * \log_2(n2)$
- Volume/capacidade do processo: $V = (N1+N2) * \log_2(n1+n2)$

- Dificuldade do processo: $D=(n1/2)*(N2/n2)$

Apesar da métrica não ter sido validada, [CARDOSO *et al.*, 2006] acreditam que suas principais vantagens são que não exigem uma análise aprofundada da estrutura do processo; podem predizer taxa de erros e esforço para a manutenção; são fáceis de calcular e podem ser usadas para a maioria das linguagens de modelagem de processo.

Acoplamento e Coesão

Acoplamento é uma medida da intensidade da associação estabelecida pelas interconexões entre módulos de diferentes projetos [VANDERFEESTEN *et al.*, 2007a]. Coesão é uma medida dos relacionamentos dos elementos dentro de um módulo. É também chamada de *module strength*. O valor para a métrica de coesão e acoplamento sempre varia de “0” a “1” [VANDERFEESTEN *et. al.*, 2007a]. Esta métrica ajuda a selecionar o melhor modelo (com baixo acoplamento e alta coesão) dentre vários.

Na Figura 5 é apresentada a métrica de acoplamento, onde $t1$ e $t2$ são as atividades, m é o número de arcos que entram para o conector e n é o número de arcos que saem do conector.

$$CP = \frac{\sum_{t_1, t_2 \in T} \text{connected}(t_1, t_2)}{|T| * (|T| - 1)}$$

where $\text{connected}(t_1, t_2) =$

$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 1 \\ \frac{1}{(2^m-1) \cdot (2^n-1)} + \frac{(2^m-1) \cdot (2^n-1) - 1}{(2^m-1) \cdot (2^n-1)} \cdot \frac{1}{m \cdot n} \\ \frac{1}{m \cdot n} \\ 0 \end{array} \right.$,	if $(t_1 \rightarrow t_2) \wedge (t_1 \neq t_2)$
	,	if $(t_1 \rightarrow \text{AND} \rightarrow t_2) \wedge (t_1 \neq t_2)$
	,	if $(t_1 \rightarrow \text{OR} \rightarrow t_2) \wedge (t_1 \neq t_2)$
	,	if $(t_1 \rightarrow \text{XOR} \rightarrow t_2) \wedge (t_1 \neq t_2)$
	,	if $(t_1 = t_2)$

Figura 5: Métrica de acoplamento. Fonte: [VANDERFEESTEN *et. al.*, 2007b]

Modularity do modelo

Modularity em excesso é tão indesejável quanto à baixa modularity. A hipótese é que a baixa modularity, relaciona-se mais a erros do que a uma maior modularity [VANDERFEESTEN *et al.*, 2007a]. Uma das vantagens da modularity de um modelo é ajudar a torná-lo mais fácil de entender e de ser reutilizável [GRUHN e LAUE, 2006a].

Para medir a modularity, [GRUHN e LAUE, 2006a] utilizaram a métrica definida por Henry e Kafura, $((fan-in)(fan-out))^2$, onde o *fan-in* e o *fan-out* são medidos para cada módulo. *Fan-in* representa a contagem de todos os módulos que exigem um determinado módulo e *fan-out* é a contagem de todos os outros módulos que são chamados a partir do módulo sob investigação.

Métrica de Complexidade Cognitiva

A métrica de Complexidade Cognitiva é definida como “o grau de dificuldade ou tempo e esforço requerido para compreender parte da modelagem de *software* (...)” [SHAO & WANG, 2003]. No trabalho de [GRUHN e LAUE, 2006b] é apresentada uma adaptação desta métrica para a modelagem de processos de negócio. As principais adaptações feitas estão nas funções de recursividade e na inclusão do conceito de cancelamento e padrão de múltipla escolha. Cancelamento significa que ao ativar uma

tarefa todos os elementos dentro de alguma parte do modelo serão desativados. O padrão múltipla escolha refere à estrutura de controle OR (OR-split e OR-join). Normalmente na BPM um bloco de controle começa com um OR-split e termina com um OR-join que é utilizado para a execução paralela dos ramos. Na Figura 6 são apresentados os pesos para os elementos de modelagem de processo de negócio.

Workflow Pattern[3]	BPM control structure	corresponding software control structure	W
Sequence	consecutive steps in a workflow	sequence	1
Exclusive Choice	XOR-split (exactly one of two branches is chosen) with corresponding XOR-join	branching with if-then	2
	XOR-split (exactly one of ≥ 3 branches is chosen) with corresponding XOR-join	branching with case (with an arbitrary number of selectable cases)	3
Parallel Split and Synchronization	An AND-split activates all outgoing links in parallel, a corresponding AND-join synchronizes the flows of control	execution of control flows in parallel	4
Multiple Choice and Synchronizing Merge	OR-split (a number of branches is chosen from 2 or more possible branches) with corresponding OR-join	branching with case, followed by parallel execution	7
(none)	Composite task (subtask, can be used for decomposing a BPM into modules)	call of a user-defined function	2
Multiple Instances Patterns	Multiple Instance Activity (allows multiple instances of an activity to run concurrently)	branching, followed by parallel execution	6
Cancel Activity	Cancellation (by activating an activity one deactivates another one)	see discussion in 5.3	1
Cancel Case	Cancellation (by activating an activity one deactivates all elements within another part of the model)	comparable to a function call	2 or 3

Figura 6 - Peso Cognitivo adaptado para modelagem de processo de negócio.
Fonte: [GRUHN e LAUE, 2006b]

O trabalho em [ROLÓN *et al.*, 2006] tem como proposta a avaliação do nível conceitual dos modelos de processo de negócio representados em BPMN (*Business Process Model Notation*). O objetivo é estabelecer quais medidas são úteis para avaliar a inteligibilidade e manutenibilidade dos modelos de processo [ROLÓN *et al.*, 2007b].

A avaliação está focada na fase de desenho do PN, isto é, avaliação da complexidade estrutural dos modelos de processos em um nível conceitual [ROLÓN *et al.*, 2007a]. As métricas estão divididas em métricas base (consistem em contar os elementos significativos do PN) e métricas derivadas (foram definidas a partir das medidas base). Conforme Figura 7 e Figura 8.

Elemento Central	Notación	Nombre Métrica	Métrica Base	Definición
Tareas		NT	Número de Tareas	Indica el número total de tareas en el modelo
		NTL	Número de Tareas de Bucle	Indica el número total de tareas de bucle en el modelo
		NTMI	Número de Tareas de Instancia Múltiple	Indica el núm. total de tareas de instancia múltiple en el modelo
		NTC	Número de Tareas de Compensación	Indica el núm. total de tareas de compensación en el modelo
Sub-Procesos Colapsados		NCS	Número de Sub-Procesos Colapsados	Indica el número total de sub-procesos colapsados en el modelo
		NCSL	Número de Sub-Procesos Colapsados de Bucle	Indica el número total de sub-procesos colapsados de bucle en el modelo
		NCSMI	Número de Sub-Procesos Colapsados de Instancia Múltiple	Indica el número total de sub-procesos colapsados de instancia múltiple en el modelo
		NCSC	Número de Sub-Procesos Colapsados de Compensación	Indica el número total de sub-procesos colapsados de compensación en el modelo
		NCSA	Número de Sub-Procesos Colapsados Ad-Hoc	Indica el número total de sub-procesos colapsados ad-hoc en el modelo

Elemento Central	Notación	Nombre Métrica	Métrica Base	Definición
Decisión Exclusiva Basada en Datos (XOR)		NEDDB	Número de Decisión/Unión Exclusiva Basada en Datos	Indica el número de puntos de decisión/unión exclusivas basadas en datos del modelo
Decisión Exclusiva Basada en Eventos (XOR)		NEDEB	Número de Decisión/Unión Exclusiva Basada en Eventos	Indica el número de puntos de decisión/unión exclusivas basadas en eventos del modelo
Inclusiva (OR)		NID	Número de Decisión/Unión Inclusiva	Indica el número de puntos de decisión/unión inclusivas del modelo
Compleja		NCD	Número de Decisión/Unión Compleja	Indica el número de puntos de decisión/unión complejas del modelo
Paralela (AND)		NPF	Número de Bifurcaciones/uniones Paralelas	Indica el número de puntos de bifurcación/unión paralelas del modelo

Figura 7. Medidas base. Fuente: [ROLÓN et al., 2006]

Nombre	Métrica y Fórmula	Definición
NTSE	Número Total de Eventos de Inicio del Modelo $NTSE = NSNE + NSTE + NSME + NSRE + NSLE + NSME$	Indica el número total de Eventos de Inicio en el Modelo del Proceso
NTIE	Número Total de Eventos Intermedios del modelo $NTIE = NINE + NITE + NIME + NIEE + NICaE + NICoE + NIRE + NILE + NIMuE$	Indica el número total de Eventos Intermedios en el Modelo del Proceso
TNEE	Número Total de Eventos Finales del Modelo $TNEE = NENE + NEMsE + NEEE + NECaE + NECoE + NELE + NEMuE + NETE$	Indica el número total de Eventos Finales en el Modelo del Proceso
TNT	Número Total de Tareas del Modelo $TNT = NT + NTL + NTMI + NTC$	Indica el número total de Tareas en el Modelo del Proceso
TNCS	Número Total de Sub-Procesos Colapsados del Modelo $TNCS = NCS + NCSL + NCSMI + NCSC + NCSA$	Indica el número total de Sub-Procesos Colapsados en el Modelo del Proceso
TNE	Número Total de Eventos del Modelo $TNE = NTSE + NTIE + TNEE$	Indica el Número total de Eventos (de Inicio, Intermedios y Finales) en el Modelo del proceso.
TNG	Número Total de Decisiones/Uniones del Modelo $TNG = NEDDB + NEDEB + NID + NCD + NPF$	Indica el Número total de Decisiones/Uniones en el Modelo del Proceso
TNDO	Número Total de Objetos de Datos en el Modelo $TNDO = NDOIn + NDOOut$	Indica el Número total de Objetos de Datos (de entrada y salida) en el Modelo del Proceso.
CLA	Nivel de Conectividad entre Actividades $CLA = \frac{TNT}{NSF}$	Indica la proporción entre el número total de Tareas y el total de dependencias de precedencia (Flujos de Secuencia) del Proceso.
CLP	Nivel de Conectividad entre Participantes $CLP = \frac{NMF}{NP}$	Indica la proporción del total de participantes en el Proceso y el Flujo de Mensajes entre ellos.
PDOPIIn	Proporción de Objetos de Datos como productos de entrada y el total de Objetos de Datos. $PDOPIIn = \frac{NDOIn}{TNDO}$	Indica la proporción de los Objetos de Datos que representan una entrada para una Actividad y el total de Objetos de Datos del Modelo de Proceso.
PDOPOut	Proporción de Objetos de Datos como productos de salida y el total de Objetos de Datos. $PDOPOut = \frac{NDOOut}{TNDO}$	Indica la proporción de los Objetos de Datos que representan una salida en relación a las Tareas del Modelo de Proceso.

Figura 8. Medidas derivadas. Fuente: [ROLÓN et al., 2006]

Como resultado da pesquisa bibliográfica realizada acima foi possível montar a tabela abaixo. A Tabela 2 representa o conjunto de atributos de qualidade (coluna amarela) e a relação das métricas que os avalia, assim como seus autores (linha superior lilás). Com a Tabela 2 é possível identificar, resumidamente, as áreas que os diferentes trabalhos apresentados atuam, e com isso observar quais são os principais pontos que estão sendo analisados no que diz respeito à qualidade de processos.

Tabela 2 - Relação de métricas por atributos de qualidade e autores

	[AVERSANO <i>et al.</i> , 2004]	[ROLÓN <i>et al.</i> , 2006]	VANDERFE ESTEN <i>et al.</i> , 2007a]	[SHAO & WANG, 2003]	[CARDOS O <i>et al.</i> , 2006]	[GRUHN e LAUE, 2006a]
Eficiência	Métricas da Figura 2					
Efetividade	$E_s = (n_o/n_t) * Q_o$ n_o = número de saídas n_t = número de processos Q_o = média da qualidade do sistema					
Complexidade				Métrica de complexidade -de Cognitiva	Control Flow Complexity Complexidade de de alstead – HPC	Control Flow Complexity
Usabilidade, Inteligibilidade Operacionalidade		Métricas para BPMN das Figuras 7 e 8.	Size of the model Modularity do modelo	Métrica de complexidade -de Cognitiva	Control Flow Complexity	Size of the model Control Flow Complexity Modularity do modelo
Manutenibilidade Modificabilidade Testabilidade		Métricas para BPMN das Figuras 7 e 8.	Size of the model Modularity do modelo	Métrica de complexidade -de Cognitiva	Control Flow Complexity	Size of the model Control Flow Complexity
Acoplamento			Acoplamento			
Coesão			Coesão			

4. Métricas de qualidade de produto em processos de desenvolvimento SOA

Construir um modelo é parte essencial no desenvolvimento *software*. Os modelos são construídos para que o sistema em desenvolvimento seja melhor compreendido [TONSIG, 2003]. Bons modelos são cruciais para comunicação entre os membros de um projeto e servem para assegurar a solidez da arquitetura [LINDERMANN, 2004].

O processo de desenvolvimento de software baseado em SOA possui, dentre as suas etapas, a modelagem de processo de negócio [CDBI, 2007] [WAHILI *et al.*, 2007].

A modelagem é a etapa que prepara os processos para a automação. O objetivo é que o modelo desenvolvido represente o que o negócio solicita, uma vez que é a partir deles que serão identificados os serviços. Garantir que os serviços identificados estejam alinhados com os objetivos de negócio é fundamental para o sucesso da aplicação.

Conforme [VANDERFEESTEN *et al.*, 2007a], as métricas de qualidade na engenharia de *software* têm mostrado o seu potencial como guia para melhoria do *software* e o tem tornado mais compreensível e fácil de manter. Visto que, o processo de negócio e projetos de *softwares* tem muito em comum, diversas pesquisas [CARDOSO *et al.*, 2006][GRUHN e LAUE, 2006][LATVA-KOIVISTO, 2001] já identificaram o potencial dessas métricas para os processos de negócio.

A gestão da qualidade na SOA é definida, conforme [HEBNER, 2006], em como o serviço satisfaz os requisitos de negócio. Logo, o processo de garantia de qualidade deve ser um processo “*end to end*”, isto é, que começa com a modelagem do processo de negócio e, em seguida, passa pelo desenvolvimento e teste, e depois estende para dentro da monitoração do desempenho de serviços que se encontram em produção.

O trabalho de [ROMALLARI *et al.*, 2006] apresenta um levantamento das diversas metodologias existentes para desenvolvimento de serviços SOA, dentre elas CBDI-SAE *Process*, SOMA, SODA e SOA *Repeatable Quality*. Foi possível observar que a grande maioria das metodologias estudadas apresentou em seu ciclo de desenvolvimento algumas verificações de qualidade, como por exemplo, aplicação de testes funcionais e de desempenho. Porém nenhuma propôs a aplicação de pontos de verificação de qualidade na etapa de modelagem do processo.

Após constatar a relevância de se definir pontos de verificação na etapa de modelagem de PN, pretende-se neste trabalho verificar a utilização de um conjunto de métricas com o objetivo de analisar se o modelo possui um nível elevado de entendimento e manutenibilidade. Isto é, se possui uma qualidade aceitável para que a área de TI possa projetar e construir a aplicação SOA sem maiores problemas, evitando assim, por exemplo, o retrabalho.

Uma vez que o grau de compreensão de um modelo de processo é caracterizado pela complexidade de suas atividades, das mudanças, dos eventos que o compõem, dos *loops* e dos tipos de estruturas de dados, foram selecionadas algumas métricas que se baseiam nestas características para a garantia da qualidade do modelo de PN. Dentre o conjunto de métricas apresentadas na Tabela 3, foram utilizadas neste trabalho por melhor representar as características supracitadas foram: CFC (*Control Flow Complexity*), CP (Acoplamento), PC (Peso Cognitivo), NOA (número de atividades), NCS (número de subprocessos), NCSL (número de subprocessos com *loop*), NEDDB (número de construções com OR exclusivo) e NEC (número de estruturas de controle).

5. Estudo de caso e Resultados

Para ilustrar o impacto da aplicação de métricas no processo de desenvolvimento baseado em SOA e BPM e, ainda, com intuito de verificar a sua utilização na aplicação dos atributos de qualidade levantados na Seção 3, foi realizada uma medição em quatro processos de negócio de uma empresa. Essa empresa atua no ramo financeiro e possui uma área de TI com mais de mil funcionários.

Tabela 3 – Proposta de modelo de avaliação

Sigla	Nome	Justificativa da adoção
CFC	<i>Control Flow Complexity</i> – métrica de complexidade Ciclomática.	Apresenta o nível de complexidade do modelo
Mod.	Modularidade	Ajuda a identificar melhorias (re-design) no processo.
HPC	Complexidade de <i>Halstead</i>	Permiti medir o tamanho, o volume e o nível de dificuldade do processo.
CP	Acoplamento	Ajuda a definir o melhor modelo dentre vários.
PC	Peso Cognitivo	Determina a dificuldade de entender o modelo de processo de negócio através da soma dos pesos cognitivos dentro dos fluxos de controle.
NOA	Número de atividades	Defini o tamanho do modelo
NOAJC	Número de atividades e de <i>joins</i> e <i>splits</i> .	Defini o tamanho do modelo
NOAC	Número de atividades e de fluxos de controle	Defini o tamanho do modelo
NCS	Número de <i>subprocess</i>	Defini o grau de dificuldade para entender e manter o modelo
NCSL	Número de <i>subprocess</i> com <i>looping</i>	Defini o grau de dificuldade para entender e manter o modelo
NEDDB	Número de XOR	Ajuda a definir o grau de inteligibilidade e modificabilidade do modelo.
NEDEB	Número de decisões exclusivas e <i>merges</i>	Ajuda a definir o grau de modificabilidade de um modelo.
NEC	Número de estruturas de controle (AND, XOR e OR)	Ajuda a compor as estruturas das métricas de CFC e PC e CP.

O principal objetivo é verificar se as métricas selecionadas garantem, na fase de modelagem, a criação de modelos fáceis de entender, de manter e em conformidade com a área de negócio. Para realizar esta verificação foi necessário escolher alguns processos de negócio, conforme Tabela 4, aplicar as métricas da Tabela 5 e avaliar os resultados.

A classificação apresentada na Tabela 4 foi obtida junto à equipe da empresa, que classificou cada processo de acordo com o seu nível de dificuldade para entendê-los. A classificação refere à experiência da equipe no momento em que foi preciso desenvolver os processos abaixo.

Tabela 4 - Classificação dos processos da empresa

Nome	Classificação
Processo A	Difícil
Processo B	Médio
Processo C e D	Fácil

O modelo apresentado na seção anterior foi aplicado nos quatro processos de negócio da empresa com o principal objetivo de avaliar a qualidade dos modelos. O

resultado das medições foi distribuído em duas tabelas: Tabela 5 e Tabela 6. A Tabela 5 representa os resultados das medições para cada uma das métricas e na Tabela 6 é apresentada a avaliação para cada processo.

Tabela 5 - Resultados da medição

Métricas	Processo A	Processo B	Processo C	Processo D
CFC	660	72	20	23
Peso Cognitivo	1090	164	61	51
Acoplamento	0,0011	0,023	0,01	0,02
NCS (número de subprocessos)	72	12	4	12
NCSL (número de subprocessos com <i>loop</i>)	134	9	1	11
NEDDB (número de XOR)	230	20	9	6
NEDEB (número de decisões exclusivas e merges)	270	22	14	7
NEC - AND	90	18	2	8
NEC - OR	30	2	5	1
Tamanho	NOA = 435	NOA = 36	NOA = 21	NOA = 44

Em relação à métrica CFC, em que, quanto mais alto for o valor de $CFC_{XOR-split}$, $CFC_{OR-split}$ e $CFC_{AND-split}$, maior é a complexidades do desenho do processo, pode-se dizer que o processo “A” é o mais complexo e o Processo “C” é o menos complexo. A métrica de peso cognitivo que representa o grau de dificuldade ou tempo e esforço requerido para compreender parte da modelagem, o modelo que foi considerado o mais difícil ou mesmo mais trabalhoso para compreender, foi o Processo “A” e o menos, o processo “D”. O processo que apresentou o menor acoplamento, apesar do nível de complexidade e compreensão baixa, foi o Processo “A”. O processo “B” apresentou o maior acoplamento.

Tabela 6 – Interpretação dos resultados da medição por processo

Processo	Constatações	Resultado
A	É o maior, em relação ao número de atividades, dentre os processos medidos. Possui 435 atividades, 72 subprocessos e 134 subprocessos com <i>loops</i> . Em conformidade com a sua estrutura apresentou um valor para CFC altíssimo, com características de instabilidade. Da mesma forma ocorreu para a métrica de peso cognitivo onde o grau de dificuldade e tempo/esforço requerido para compreender o modelo foi bem mais alto.	Complexo e baixa inteligibilidade

B	Foi considerado previamente pelos usuários como um processo de dificuldade média. Apresentou o segundo maior valor para a métrica CFC (72) e Peso cognitivo (164). Apresenta um número menor de atividades (36) em relação ao processo D (44), porém com um número bem maior de estruturas de controle, o que levou a concluir que o número de estruturas de XOR podem influenciar na complexidade e no grau de entendimento de um modelo.	Complexo e baixa inteligibilidade
C	É o menos complexo dentre os processos avaliados (CFC=20). Em relação ao processo D, possui o grau de dificuldade e esforço requerido para compreender alto – Peso Cognitivo (61). O que leva a concluir que talvez o número de estruturas de XOR e <i>merge</i> pode ter contribuído para a dificuldade de compreendê-lo.	Baixa complexidade
D	Apesar de apresentar um número maior de tarefas (NOA=44) em relação ao processo B e C, ele foi considerado o processo mais fácil de compreender dentre todos os outros (Peso cognitivo=51). Possui o número bem menor de estruturas de decisão. A principal conclusão desse resultado é que somente o número de atividades não defini o grau de complexidade e entendimento de um processo e que possivelmente o fato de possuir um número menor de estruturas de decisão fez com que se tornasse mais fácil de entender.	Alta inteligibilidade

6. Conclusão

A qualidade é vista como um conjunto de características que devem ser alcançadas em um determinado grau para que o produto atenda às necessidades de seus usuários. Em um processo de desenvolvimento SOA deve haver, da mesma forma que nos processos de desenvolvimento tradicionais, pontos de verificação de qualidade. A literatura, no entanto, não apresenta modelos de garantia de qualidade na etapa de modelagem de processo de negócio. Este artigo propôs um conjunto de métricas de qualidade para modelos de processo de negócio BPM que buscam apoiar a verificação de qualidade em um ciclo de desenvolvimento SOA.

O conjunto de métricas deve ser aplicado ao fim da etapa de modelagem com o objetivo de garantir que o modelo criado esteja realmente preparado para a próxima etapa do desenvolvimento baseado em SOA. Evita-se, com isso, retrabalho e confusões a respeito dos serviços a serem criados pela área de TI em atendimento à área de negócio.

Como resultado deste trabalho foi possível concluir, após a aplicação do modelo em um estudo de caso, que o conjunto de métricas utilizadas alcançou os objetivos definidos - definir o grau de dificuldade de entendimento e manutenção de um PN. Dentre os modelos avaliados, os que representaram maior grau de esforço para entendimento

foram os processos “A” e “B”. Tal conclusão reflete exatamente o *feedback* dado pela equipe antes da medição.

Foi possível observar que as métricas de CFC e peso cognitivo foram as que melhor representaram o grau de complexidade dos processos. Já a métrica de acoplamento, que poderia ajudar a definir o melhor, dentre vários modelos, não foi aplicada em sua totalidade. No entanto, ajudou a identificar quais os modelos que possuíam a menor complexidade.

Um fator interessante observado durante a avaliação foi que a métrica de tamanho (NOA) não influenciou na complexidade do PN. Contudo, as métricas utilizadas na avaliação do número de subprocessos e fluxos de controle foram as que mais contribuíram para a identificação dos objetivos do modelo proposto.

Pretende-se, futuramente, automatizar a coleta das métricas, uma vez que, para modelos complexos, a coleta demanda bastante tempo e pode levar ao erro. Considerando que a métrica “*Modularity*” não foi aplicada devido à dificuldade supracitada, tem-se como objetivo aplicá-la em um conjunto maior de processos, para que seja possível sua verificação e a reavaliação das demais métricas do modelo apresentado.

7. Referência

- [ALLEN, 2007] P. Allen, “The service oriented process”, in CBDi Journal, February 2007, http://www.cbdiforum.com/report_summary.php3?page=/secure/interact/2007-02/service_oriented_process.php&area=silver.
- [ARSANJANI, 2004] A. Arsanjani, “Service-oriented modeling and architecture”, IBM Corporation. Disponível em <http://www-128.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-soa-design1/>, Novembro 2004.
- [AVERSANO *et al.*, 2004] Aversano, Lerina; Bodhuin, Thierry; Canfora, Gerardo; Tortorella, Maria. A Framework for Measuring Business Processes based on GQM. IEEE - Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'04) – 2004.
- [CARDOSO *et al.*, 2006] Cardoso, Jorge; Mendling, J.; Reijers, Hajo A. A discourse on complexity of Process Models (Survey Paper).
- [CDBI, 2007] The Service Oriented Process CBDI Service Oriented Architecture Practice Portal. Disponível em: http://www.cbdiforum.com/secure/interact/2007-02/service_oriented_process.php Acesso em: 30 de novembro de 2008.
- [CUNHA *et al.*, 2008] Cunha, Mônica; Souza Junior, Marcilio; Barros, Heitor Santos *et al.* Desafios de integração de Sistemas: Roadmap, evolução tecnológica e impactos organizacionais. Disponível em: http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/20071227_151130_GEST-013.pdf. Acesso em 30 de junho de 2008.
- [DESBOUIS, 2007] Desbouis, Thierry. BPM y SOA, herramientas complementarias para empresas Ágiles. Disponível em: <http://www.baquia.com/noticias.php?id=11894>. Acesso em: 30 de agosto de 2008.
- [ERRADI *et al.*, 2007] A. Erradi *et al.*, “SOAF: An architectural framework for service definition and realization”, in Proceedings of the IEEE International Conference on Services Computing, pp 151-158, Chicago, USA, September 2006.
- [ERL, 2005] Erl, Thomas. SOA, Concepts, Technology, and Design . Editora Prentice Hall.

- [GRUHN e LAUE, 2006a] Gruhn, Volker; Laue, Ralf. Complexity Metrics for Business Process Models. Disponível em: <http://is.tm.tue.nl/staff/wvdaalst/publications/p364.pdf>. Acesso em: 10 de agosto de 2008.
- [GRUHN e LAUE, 2006b] Gruhn, Volker; Laue, Ralf. Adopting the Cognitive Measure for Business Process Models.
- [HEBNER, 2006] Hebner, Scott. SOA Quality Management. Disponível em: <http://www.developer.com/design/article.php/3676121>. Acesso em: 26 de novembro de 2008.
- [HOMMES e REIJSWOUD, 2000] Hommes, Bart-Jan; Reijswoud, Victor van. Assessing the Quality of Business Process Modelling Techniques. Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences – 2000.
- [IBM, 2006] Fast Response to changing business needs BPM enabled by SOA. Disponível em: http://www-01.ibm.com/software/solutions/soa/newsletter/nov06/article_BPM_SOA_Higher_Value_Results.html. Acesso em: 30 de agosto de 2008.
- [ISO 9126-1, 2003] Engenharia de software – Qualidade de produto. Parte 1: Modelo de qualidade. NBR ISO/IEC 9126-1 - Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [KOCH, 2003] Koch, Christopher. ABC da SOA. São Paulo, 2003. Disponível em: <http://cio.uol.com.br/tecnologia/2006/07/17/idgnoticia.2006-07-17.3732358054>. Acesso em: 30 de junho 2008.
- [LINDEMANN, 2004] Lindemann, Friedemann. Service-Oriented Requirement Engineering and Verification. Disponível em: <http://www.ti5.tu-harburg.de/publication/2004/Thesis/Lindemann04b/Lindemann04b.pdf> Acesso em: 29 de novembro de 2008.
- [MA & LEYMAN, 2008] Ma, Zhilei; Leymann, Frank. A Lifecycle Model for Using Process Fragment in Business Process Modeling. Institute of Architecture of Application Systems (IAAS). University of Stuttgart.
- [McCOY et al., 2008] McCoy, David W.; Hill, Janelle B.; Cantara, Michele; et al. Key Issues for Business Process Management. Gartner Group, 2008.
- [MITTAL, 2006] K. Mittal, “Service Oriented Unified Process (SOUP)”, available from <http://www.kunalmittal.com/html/soup.shtml>, 2006.
- [MORAES & WERNECK, 2006] Moraes, Edson Andrade de; Werneck, Vera Maria Benjam. Uma Abordagem de Avaliação de Qualidade de Aplicações Web. Universidade Estadual do Rio de Janeiro.
- [PAPAZOGLU and HEUVEL, 2006] Papazoglou JM. P. Papazoglou and W. J. van den Heuvel, “Service-oriented design and development methodology”, International Journal of Web Engineering and Technology (IJWET), 2006.
- [ROLÓN et al., 2007a] Rolón, Elvira; Ruiz, Francisco; Piattini, Mario. Validando la Usabilidad y Mantenibilidad de los Modelos de Procesos de Negocio: un Experimento y su Réplica. Disponível em: http://kuainasi.ciens.ucv.ve/ideas07/documentos/presentaciones_ideas/IDEAS07-Art73.pdf. Acesso em: 15 de Agosto de 2008.
- [ROLÓN et al., 2007b] Rolón, Elvira; García, Félix; Ruiz, Francisco; Piattini, Mario. Familia de Experimentos para validar medidas para Modelos de Procesos de Negocio con BPMN. Disponível em: <http://alarcos.inf-cr.uclm.es/pnis/articulos/pnis-07-rolon-FEVMM.pdf>. Acesso em: 15 de Agosto de 2008.
- [ROLÓN et al., 2006] Rolón, Elvira; Ruiz, Francisco; Piattini, Mario. Aplicación de métricas software em la evaluación de modelos de procesos de negocio. Disponível em: Acesso em: 15 de agosto de 2008.

- [**ROMALLARI et al, 2006**] Romallari, Ervin; Dranidis, Dimitris; Simons, Anthony J. H. A survey of Service Oriented Development Methodologies. Disponível em: <http://www.dcs.shef.ac.uk/~ajhs/research/papers/soasurvey.pdf> Acesso em: 9 de dezembro de 2008.
- [**RYCHLÝ & WEISS, 2007**] Rychlý, Marek; Weiss, Petr. Modeling of Service Oriented Architecture: from business process to service realization.
- [**SHAO & WANG, 2003**] Shao, Jingqiu; Wang, Yingxu. A new measure of software complexity based on cognitive weights.
- [**SOUZA, 2008**] Souza, Luiz Phelipe. BPM na veia. Disponível em: http://bpmnaveia.typepad.com/bpm_na_veia/2008/03/ladies-and-gent.html. Acesso em: 30 de agosto de 2008.
- [**TONSIG, 2003**] Tonsig, Sérgio Luiz. Engenharia de Software análise e projeto de sistemas. Editora Futura.
- [**VANDERFEESTEN et. al., 2007b**] Vanderfeesten, Irene; Cardoso, Jorge; Reijers, Hajo A. A weighted coupling metric for business process model. Disponível em: http://ftp.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-247/FORUM_11.pdf Acesso em:
- [**VANDERFEESTEN et al., 2007a**] Vanderfeesten, Irene. Cardoso, Jorge. Mendling, Jan. Reijers, Hajo A., Aalst, Wil van der. Quality Metrics for Business Process Models. Workflow Handbook 2007.
- [**VIEIRA, 2007**] BPM – Business Process Managemnt – Modelagem de Processo de Negócio. Disponível em: <http://www.intranetportal.com.br/colab1/business>. Acesso em: 10 de agosto de 2008.
- [**WAHILI et al., 2007**] Wahili, Ueli; Ackerman, Lee; Bari, Alessandro Di; Hodgkinson, Gregory; Kesterton, Anthony; Olson, Laura; Portier, Bertrand. Building SOA Solutions Using the Rational SDP. RedBooks IBM. Disponível em: <http://www.ibm.com/redbooks>. Acesso em: 01 de dezembro de 2008.
- [**W3C, 2004**] WebService Architecture. Disponível em : <http://www.w3.org/TR/ws-arch/#whatis> Acesso em: 10 de janeiro de 2009.
- [**ZIMMERMANN et al., 2004**] O. Zimmermann et al, “Elements of Service-Oriented Analysis and Design”, IBM Corporation, disponível em <http://www-128.ibm.com/developerworks/library/wssoad1/>, June 2004.