



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologias e Ciências

Instituto de Matemática e Estatística

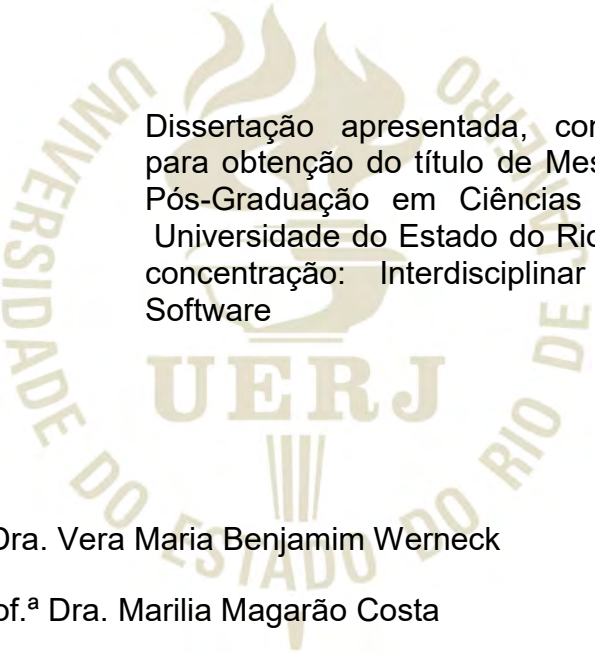
Tatiana Leitão Felix

**OrgMaturity-Tool: Ferramenta Fuzzy para Avaliação de Maturidade  
Organizacional**

Rio de Janeiro  
2013

Tatiana Leitão Felix

**OrgMaturity-Tool: Ferramenta fuzzy para avaliação de Maturidade  
Organizacional**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Computacionais, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Interdisciplinar – Engenharia de Software

Orientador(a): Prof.<sup>a</sup> Dra. Vera Maria Benjamim Werneck

Co-Orientador (a): Prof.<sup>a</sup> Dra. Marília Magarão Costa

Rio de Janeiro

2013

CATALOGAÇÃO NA FONTE

UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC-A

F316 Felix, Tatiana Leitão..  
OrgMaturity-Tool: ferramenta fuzzy para avaliação de maturidade organizacional / Tatiana Leitão Felix. - 2013.  
119 f. : il.  
Orientador(a): Vera Maria Benjamim Werneck  
Coorientador (a): Marília Magarão Costa  
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Matemática e Estatística.  
1. Sistemas difusos – Teses. 2. Planejamento empresarial – Teses. I. Werneck, Vera Maria Benjamim. II. Costa, Marília Magarão. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Matemática e Estatística. IV. Título.

CDU 004.7

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Tatiana Leitão Felix

**OrgMaturity-Tool: Ferramenta fuzzy para avaliação de Maturidade Organizacional**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Computacionais, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Interdisciplinar – Engenharia de Software

Aprovado em 12 de Agosto de 2013.

Banca Examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Vera Maria Benjamim Werneck (Orientadora)  
Instituto de Matemática e Estatística da UERJ

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Marília Magarão Costa  
FGV - Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro

---

Prof. Dr. Orlando Bernardo Filho  
Faculdade de Engenharia da Computação da UERJ

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Regina Maria Maciel Braga  
Universidade Federal de Juiz de Fora

Rio de Janeiro

2013

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente por ter me permitido chegar até aqui. A minha mãe que sempre me incentivou estudar cada vez mais. Agradeço também aos meus amigos, pelas palavras de conforto nos momentos em que estava “saturada” com as obrigações do mestrado. Aos meus colegas de trabalho que sempre se mostraram solidários quando precisava sair mais cedo ou chegar mais tarde. Ao meu namorado pela prontidão quando precisava de uma ajuda no inglês e sempre compreendia quando tinha que trabalhar na dissertação, dirigindo-se rapidamente ao vídeo-game sem muita cerimônia...rs.

Agradeço aos meus orientadores que muito me ajudaram quando achava que não conseguiria terminar todo o trabalho. Estamos tão envolvidos com o tema que precisamos de um olhar um pouco mais externo pra nos orientar e mostrar a direção da luz no fim do túnel. Agradeço a professora Vera que sempre otimista me animava e ajudava quando parecia está meio perdida diante de um tema totalmente novo pra mim. Não posso deixar de agradecer ao professor Orlando sempre prestativo nos meus momentos de dúvidas e dificuldades com a lógica fuzzy. A professora Marília que me apresentou o desafio dessa proposta sempre me ajudando com suas explicações sobre o tema em todos os momentos que precisei.

Aos demais professores e funcionários da Universidade pela dedicação com que realizam o seu trabalho, ignorando as dificuldades e sempre em busca de melhorias na estrutura da universidade.

A todos que não mencionei aqui, mas de que de alguma forma colaboraram com mais essa minha realização pessoal e profissional.

## RESUMO

Felix, T. L. *OrgMaturity-Tool: ferramenta fuzzy para avaliação de Maturidade Organizacional*. 2013. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Computacionais) – Instituto de Matemática e Estatística, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma ferramenta computacional fuzzy que realiza a avaliação da maturidade de uma organização, no que diz respeito à gestão por processos de negócios. A maturidade de uma empresa está relacionada à capacidade de usufruir dos benefícios obtidos por essa nova forma de gestão. A avaliação fuzzy, além de proporcionar flexibilidade na análise do grau de maturidade, permitiu a proposta do Índice de Transformação Organizacional. Esse índice expressa uma medida relativa aos esforços aplicados em contrapartida aos resultados alcançados durante a incorporação da gestão de processos de negócios, apoiando a organização nesse processo de implantação.

Palavras-chave: Gestão por Processos. Modelos de Maturidade. Sistema de Inferência Fuzzy. Logica Fuzzy.

## ABSTRACT

Felix, T. L. *OrgMaturity-Tool: Fuzzy Tool for assessing Organizational Maturity*. 2013. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Computacionais) – Instituto de Matemática e Estatística, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

This paper aims at presenting a fuzzy computational tool that performs assessment of the organization maturity with regard to the management process. The maturity of a company is related to the capacity to reap the benefits obtained by this new form of management. A fuzzy evaluation is proposed to provide flexibility in the diagnosis of the maturity degree and also to create the Organizational Transformation Index. This index expresses a relative measure on the effort applied in contrast to the results achieved during incorporation of the processes business management, supporting the organization in the process of deployment.

Keywords: Process Management. Maturity Model. Fuzzy Inference Systems. Fuzzy Logics.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Componentes de uma área de processo CMMI.....	21
Figura 2 – Componente Área de Processo hierarquia BPMM.....	26
Figura 3 – Função de pertinência triangular.....	36
Figura 4 – Função de pertinência trapezoidal.....	37
Figura 5 – Função de pertinência gaussiana.....	37
Figura 6 – Função de pertinência sigmoide.....	38
Figura 7 – Função de pertinência conjunto “pessoas velhas”.....	38
Figura 8 – Comparação entre números reais e números fuzzy.....	39
Figura 9 – Violação às leis da contradição e do meio excluído.....	41
Figura 10 - Inferência fuzzy de Mamdani.....	49
Figura 11 - Inconsistência gerada utilizando método média dos máximos.....	52
Figura 12 - Defuzificação pelo centro de gravidade.....	53
Figura 13 - Método de defuzificação das alturas.....	53
Figura 14 – Representação modular de um Sistema de Inferência Nebuloso.....	54
Figura 15 – Esquema de inferência OrgMaturity-Tool.....	58
Figura 16 – Arquitetura da OrgMaturity-Tool.....	60
Figura 17 – Diagrama de Casos de Uso da OrgMaturity-Tool.....	61
Figura 18 – Modelo de Classes da OrgMaturity-Tool.....	62
Figura 19 – Diagrama de Sequência da OrgMaturity-Tool.....	65
Figura 20 – Modelagem SIF Proc.....	70
Figura 21 – Função de pertinência Grau de presença do elemento.....	70
Figura 22 – Função de pertinência nível de maturidade.....	71
Figura 23 – Esboço de funcionamento SIF Org.....	75
Figura 24 – Esboço de funcionamento SIF AjustProc.....	77

Figura 25 – Função de pertinência variável linguística.....	77
Figura 26 – Funções de pertinência maturidade ajustada do atributo i de Processo .....	78
Figura 27 – Esboço SIF AjusteOrg.....	80
Figura 28 – Esquema de inferência para SIF CompProc.....	82
Figura 29 – Funções de pertinência Grau de maturidade de Processo parcial.....	83
Figura 30 – Esquema de inferência para SIF CompOrg .....	86
Figura 31 – Esboço do funcionamento do SIF ITO .....	87
Figura 32 – Função de pertinência variável dispersão .....	89
Figura 33 – Função de pertinência para variável linguística ITO.....	90
Figura 34 – Tela dos elementos de Processo da planilha OrgMaturityTool.xlsxm.....	92
Figura 35 – Tela dos elementos de Organização da planilha OrgMaturityTool.xlsxm..... .....	93
Figura 36 – Alerta para restrição de valores da planilha OrgMaturityTool.xlsxm. ....	93
Figura 37 - Sentenças desabilitadas por baixa atribuição.Fonte: O autor, 2013. ....	94
Figura 38 – Tela “Impacto” da planilha OrgMaturityTool.xlsxm.....	95
Figura 39 – Interface para execução do ITO .....	95
Figura 40 – Resultado ITO .....	96
Figura 41 – Interface “Resultados” da planilha OrgMaturityTool.xlsxm.....	96
Figura 42 – Entradas dos elementos de Processo empresa A.....	96
Figura 43 - Entradas dos elementos de Organização para empresa A.....	96
Figura 44 - Entradas dos Impactos para empresa A.....	96
Figura 45 - Tela Resultados avaliação da empresa A.....	96
Figura 46 – Entradas dos elementos de Processo para empresa B. ....	96
Figura 47 - Entradas dos elementos de Organização para empresa B.....	96
Figura 48 – Entradas dos Impactos para empresa B. ....	96
Figura 49 – Tela Resultados da avaliação da empresa B .....	96

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Representação Estagiada do CMMI.....	22
Quadro 2 – Representação Contínua do CMMI .....	22
Quadro 3 – Níveis de Maturidade do BPMM.....	27
Quadro 4 – Níveis de maturidade PEMMM.....	31
Quadro 5 – Restrições para avaliação OrgMaturity-Tool. ....	67
Quadro 6 – Elementos que podem ser desconsiderados na Avaliação de Maturidade .....	68
Quadro 7 – Variáveis linguísticas de entrada SIF Proc.....	69
Quadro 8 – Variável linguística de saída SIF Proc.....	71
Quadro 9 – <i>Fuzzy Association Memory</i> para duas entradas.....	73
Quadro 10 – <i>Fuzzy Association Memory</i> para três entradas.....	72
Quadro 11 – Variáveis linguísticas de entrada SIF Org .....	74
Quadro 12 – Variáveis linguísticas SIF AjusteProc .....	76
Quadro 13 – Tabela FAM para inferência do SIF Ajuste Proc e SIF AjusteOrg .....	79
Quadro 14 – Variáveis linguísticas SIF AjusteOrg.....	80
Quadro 15 – Variáveis linguísticas para subsistemas do SIF CompProc.....	81
Quadro 16 – Tabela FAM para inferência subsistema (1) SIF CompProc .....	83
Quadro 17 – Tabela FAM para subsistema (2) SIF CompProc.....	85
Quadro 18– Variáveis linguísticas para subsistemas do SIF CompOrg .....	86
Quadro 19 – Variáveis linguísticas do SIF ITO.....	88
Quadro 21 – Análise dos modelos de maturidade.....	96

## SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO .....	14
1.	MODELOS DE MATURIDADE .....	17
1.1.	Capability Maturity Model Integration – CMMI .....	18
1.1.1.	<u>Modelo de avaliação CMMI</u> .....	23
1.2.	Business Process Maturity Model - BPMM.....	25
1.2.1.	<u>Modelo de Avaliação BPMM</u> .....	28
1.3.	Process Enterprise Maturity Model – PEMM .....	29
1.3.1.	<u>Modelo de Avaliação PEMM</u> .....	31
1.4.	Análise dos modelos .....	32
2.	LÓGICA FUZZY .....	34
2.1.	Conceitos matemáticos da Lógica Nebulosa.....	35
2.1.1.	<u>Função de pertinência</u> .....	35
2.1.2.	<u>Representação de Conjuntos Fuzzy</u> .....	39
2.1.3.	<u>Operações dos Conjuntos Fuzzy</u> .....	40
2.1.4.	<u>Propriedades Algébricas</u> .....	40
2.1.5.	<u>T-norma e T-conorma</u> .....	42
2.1.6.	<u>Variáveis linguísticas</u> .....	42
2.1.7.	<u>Relações fuzzy</u> .....	43
2.1.8.	<u>Relações de Implicação</u> .....	44
2.1.9.	<u>Composição de relações fuzzy</u> .....	45
2.2.	Sistemas de Inferência Fuzzy (SIF).....	46
2.2.1.	<u>Processos de agregação fuzzy</u> .....	47
2.2.2.	<u>Modelos de agregação</u> .....	47
2.2.3.	<u>Modelo Mamdani</u> .....	48
2.2.4.	<u>Inferência Fuzzy</u> .....	49
2.2.5.	<u>Defuzificação</u> .....	51
2.3.	Estrutura de um SIF .....	54
2.3.1.	<u>Fuzificador</u> .....	54
2.3.2.	<u>Base de conhecimento</u> .....	55
2.3.3.	<u>Unidade de inferência</u> .....	55
2.3.4.	<u>Defuzificador</u> .....	55

3.	ORG-MATURITY-TOOL: SISTEMA DE INFERÊNCIA FUZZY PARA APOIO A GESTÃO POR PROCESSOS .....	56
3.1.	Visão Geral.....	56
3.2.	Atores .....	58
3.3.	Construção da OrgMaturity .....	58
3.4.	Etapas do modelo fuzzy para avaliação da maturidade organizacional .....	66
3.4.1.	<u>Apuração da presença dos critérios de maturidade na organização</u> .....	66
3.4.1.1	Regras de Negócio – Avaliação de sentenças .....	67
3.4.2.	<u>Escolha dos elementos relevantes</u> .....	67
3.4.3.	<u>SIF Maturidade de Processo (SIF Proc) e SIF Maturidade da Organização (SIF Org)</u> .....	68
3.4.4.	<u>SIF Ajuste da Maturidade de Processo (SIF AjusteProc) e SIF de Ajuste da Maturidade de Organização (SIF AjusteOrg)</u> .....	73
3.4.5.	<u>Apuração do impacto entre atributos de maturidade</u> .....	75
3.4.6.	<u>SIF Ajuste da Maturidade de Processo (SIF AjusteProc) e SIF de Ajuste Maturidade de Empresa (SIF AjusteOrg)</u> .....	76
3.4.7.	<u>SIF Composição da Maturidade dos Atributos de Processo (SIF CompProc) e de Organização (SIF CompOrg)</u> .....	81
3.4.8.	<u>SIF do Índice de Transformação Organizacional (SIF ITO)</u> .....	87
4.	PROVA DE CONCEITO .....	91
4.1.	Visão geral do Protótipo .....	91
4.2.	Entradas dos dados dos elementos de "Processo" e "Organização".....	91
4.3.	Entrada dos valores de "Impacto" da planilha OrgMaturityTool.xlsm. ....	94
4.4.	Execução do ITO.....	95
4.5.	Informação dos Resultados .....	97
4.6.	Testes OrgMaturity-Tool .....	97
4.6.1.	<u>Avaliação Empresa A</u> .....	98
4.6.1.1	Entradas dos elementos de Processo para Empresa A .....	98
4.6.1.2	Resultados para empresa A .....	100
4.6.2.	<u>Avaliação Empresa B</u> .....	101
4.6.2.1	Resultados para empresa B .....	103
4.6.3.	<u>Análise dos Resultados</u> .....	103

CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS .....	106
REFERÊNCIAS .....	109
APENDICE A – Impacto entre os atributos de maturidade.....	113
APÊNDICE B – Classes com seus componentes da OrgMaturity-Tool.....	114
APÊNDICE C – Entradas para avaliação da empresa A na OrgMaturity-Tool.....	116
APÊNDICE D – Entradas para avaliação da empresa B na OrgMaturity-Tool.....	117
ANEXO A – The Process Audit - How Mature Are Your PROCESSES?	118
ANEXO B – The Process Audit – How Mature is Your ENTERPRISE? .	119

## INTRODUÇÃO

Processo é um grupo de atividades realizadas numa sequência lógica com o objetivo de produzir um bem ou um serviço que tem valor para um grupo específico de clientes (HAMMER e CHAMPY, 1994). Todo trabalho importante realizado nas empresas faz parte de algum processo de negócios (GRAHAM e LEBARON, 1994). Não existe um produto ou um serviço oferecido por uma empresa sem um processo empresarial. Da mesma forma, não faz sentido existir um processo empresarial que não ofereça um produto ou um serviço (GONÇALVES, 2000). O aperfeiçoamento de processos de negócios tem importância fundamental na vantagem competitiva sustentada da organização (KEEN, 1997).

Identificar o processo como sendo a maneira típica de realizar o trabalho é importante para definir a forma básica de organização das pessoas e dos demais recursos da empresa (DREYFUSS, 1996). A estrutura das organizações manteve-se basicamente a mesma durante várias décadas ao longo do século XX. Ela é herança da Revolução Industrial inglesa e foi reformada durante o advento industrial americano no começo do século (GONÇALVES, 2000).

A gestão por processos de negócios torna visíveis os processos importantes permitindo modificações efetivas e rápidas. Na tumultuada economia de hoje, essa gestão ajuda as empresas a reagirem rapidamente às mudanças de mercado (Olding, 2009). Para se arquitetar uma organização por processos de negócios é necessário colocar o foco no cliente externo, já que esses processos começam e terminam nele (GONÇALVES, 2000).

As organizações estão cada vez mais se esforçando para se destacar, melhorando a sua forma de trabalhar diante desse novo paradigma. Em uma organização orientada por processos pressupõe-se que as pessoas trabalhem de forma diferente. Em lugar do trabalho individual e voltado para as tarefas, é valorizado o trabalho em equipe, a cooperação, a responsabilidade individual e a vontade de fazer melhor (Gonçalves, 2000). Os modelos de maturidade em gestão por processos vêm de encontro na tentativa de apoiar as organizações diante dessa nova estrutura. Os modelos de maturidade de processos surgiram a partir do Capability Maturity Model - CMM da Carnegie Mellon University (PAULK, et al.,

1993). Esses modelos propõem níveis de maturidade para identificar o estágio atual da organização rumo à gestão por processos. A primeira etapa de uma gestão por processos pressupõe um diagnóstico da organização para que seja possível identificar os pontos onde são necessários esforços de melhoramento ou reformulação em seus processos, como também implantação de novas tecnologias. Por se tratar de uma forma organizacional relativamente recente, a maioria das empresas recorre a serviços de consultorias especializadas quando necessitam apurar sua evolução nesse novo desafio, seja pela complexidade dos modelos de maturidade de gestão por processos existentes ou por não se sentirem aptas a realizar essa tarefa.

Este trabalho tem como objetivo apresentar a ferramenta OrgMaturity-Tool que é composta de diversos Sistemas de Inferência Fuzzy (SIF), os quais deduzem de forma cooperativa e hierárquica o Índice de Transformação Organizacional (ITO) de uma empresa sob análise. O índice ITO, é também uma proposta apresentada nessa dissertação e objetiva indicar a evolução da entidade avaliada em direção a uma estrutura orientada a processos. O ITO foi modelado com ajuda de um especialista em gestão por processos, considerando duas importantes vertentes ligadas à gestão por processos: a maturidade técnica, ligada à forma operacional dos processos e a maturidade organizacional, ligada à cultura da organização. O objetivo da ferramenta é apoiar as organizações no processo de mudança de uma gestão fortemente tradicional para uma gestão por processos, indicando pontos que necessitam ser melhorados e apoiando a área de conhecimento da Administração. A ferramenta tem como base o modelo de maturidade PEMM - Process Enterprise Maturity Model (HAMMER, 2007) amplamente conhecido e propõe a utilização da lógica fuzzy para tratar da dinâmica e dos aspectos incertos que envolvem o tema. Essa solução gera uma avaliação global do estado da organização em relação à gestão por processos, permitindo abranger problemas não tratados no modelo PEMM.

Esta dissertação está dividida em quatro capítulos, além dessa primeira introdução.

No primeiro capítulo são apresentados os conceitos de maturidade de processo, além da descrição detalhada dos modelos de maturidade CMMI, BPMM e PEMM, fortemente utilizados como referência.



O capítulo 2 apresenta um resumo da lógica fuzzy, com suas operações e propriedades no intuito de subsidiar os entendimentos a respeito da solução proposta.

No capítulo 3 é descrita a proposta da ferramenta OrgMaturity-Tool com sua modelagem, funcionamento e protótipo inicial.

No capítulo 4 são apresentados os testes da ferramenta.

No capítulo 5 são apresentadas as considerações finais do trabalho e as sugestões para trabalhos futuros.

## 1. MODELOS DE MATURIDADE

O conceito básico sob o termo maturidade é de que as organizações maduras realizam os trabalhos de modo sistemático e de que as imaturas atingem seus resultados graças aos esforços heroicos de indivíduos usando abordagens que eles criam mais ou menos espontaneamente (SIQUEIRA, 2005). Entender como funcionam os processos e quais são os tipos existentes é importante para determinar como eles devem ser gerenciados para a obtenção do máximo resultado. Afinal, cada tipo de processo tem características específicas e deve ser gerenciado de maneira específica (MARTIN, 1996).

A adoção de uma estrutura orientada a processos envolve mudanças profundas na organização com impactos não somente nos processos internos, mas também em sua estratégia, papéis, responsabilidades, valores culturais, dentre outros. Os Modelos de Maturidade fornecem um ponto de partida importante para identificação de prioridades e definição de um roteiro para implementação e evolução da gestão por processos. Eles podem ser usados com os seguintes propósitos: (i) como uma ferramenta descritiva, habilitando enxergar forças e fraquezas na organização; (ii) como ferramenta prescritiva, habilitando o desenvolvimento de melhorias; (iii) como ferramenta comparativa, habilitando benchmarking (YUCALAR e ERDOGANS, 2009). A maior parte dos modelos de maturidade existentes no mercado tem como base o CMM - Capability Maturity Model (PAULK, et al., 1993) desenvolvido na Carnegie Mellon University na década de 90 para avaliar a maturidade do processo de desenvolvimento de software. Vários modelos de maturidade se propõem a auxiliar organizações em seus processos, e muitos deles focam em tipos específicos de negócios. No geral os modelos de maturidade apresentam sobreposições e particularidades. Alguns são de mais fácil entendimento, outros são mais complexos. Além disso, nenhum deles é consagrado hoje como uma única referência a ser seguida (HARMON, 2008). Nenhuma abordagem é melhor do que a outra, e, em certo sentido, todas eventualmente se completam (BALDAM et al., 2007).

Com o intuito de exemplificar como os modelos de maturidade abordam a

gestão por processos nas organizações três modelos de referência, a saber, Capability Maturity Model Integration (CMMI), Business Process Maturity Model (BPMM) da OMG e o Process and Enterprise Maturity Model (PEMM) são descritos nas seções a seguir. Outros modelos, tais como, Melhoria de Processo do Software Brasileiro (MPS-BR, 2005), Modelo BPMM sugerido por Michael Rosemann (ROSEMANN, 2005), BPM-CBOK (CBOK, 2009), foram analisados durante o processo de elaboração dessa dissertação. Porém, os três modelos apresentados nessa dissertação representam de forma resumida as principais formas de abordagem existentes na maioria dos modelos de maturidade encontrados na literatura.

### **1.1. Capability Maturity Model Integration – CMMI**

O CMMI foi proposto pelo *Software Engineering Institute* – SEI (CMMI-SM, 2002), sendo um dos modelos mais utilizados para maturidade em gerenciamento de processo. Ele define um conjunto de modelos de qualidade de processos, além de um método para avaliação da adequação a esses modelos e a produtos de apoio. O CMMI surgiu a partir dos modelos CMM que reúne disciplinas específicas, tais como, engenharia de sistemas, engenharia de software, aquisição de software, entre outras. A versão mais recente dos modelos CMMI inclui o *CMMI for Development*, Versão 1.3 – foco em melhores práticas para desenvolvimento de produtos e serviços (CMMI-DEV, 2010); *CMMI for Acquisition*, Versão 1.3 – foco em melhores práticas para aquisição de produtos e serviços (CMMI-ACQ, 2010); e *CMMI for Services*, Versão 1.3 – foco em melhores práticas para fornecimento de produtos e serviços (CMMI-SVC, 2010). O Framework CMMI é um conjunto de componentes usados para construir modelos, materiais de treinamento e avaliação CMMI.

- Componentes de modelo: incluem áreas de processo, objetivos, práticas e materiais informativos sobre o uso do modelo e seus componentes.
- Componentes de material de treinamento: incluem cartilhas sobre a implementação do modelo para apoiar o ensino, bem como, usá-las.

- Componentes de avaliação: descrevem os procedimentos para julgamento dos processos organizacionais versus os objetivos e práticas descritas no modelo. Eles também incluem treinamento para a realização da avaliação.

Todos os modelos CMMI são produzidos a partir do Framework. Ele contém todos os objetivos e práticas que são usados para produzir os modelos que pertencem às constelações CMMI. Modelos CMMI são compostos basicamente por áreas de processos. Segundo a definição do modelo, uma área de processo é um conjunto de práticas relacionadas, que quando executadas coletivamente, satisfazem um grupo de objetivos considerados importantes para a tomada de melhoria significativa na área (SEI-TN004, 2007). Dessa forma, cada modelo terá áreas de processo específicas de acordo com seu foco de interesse.

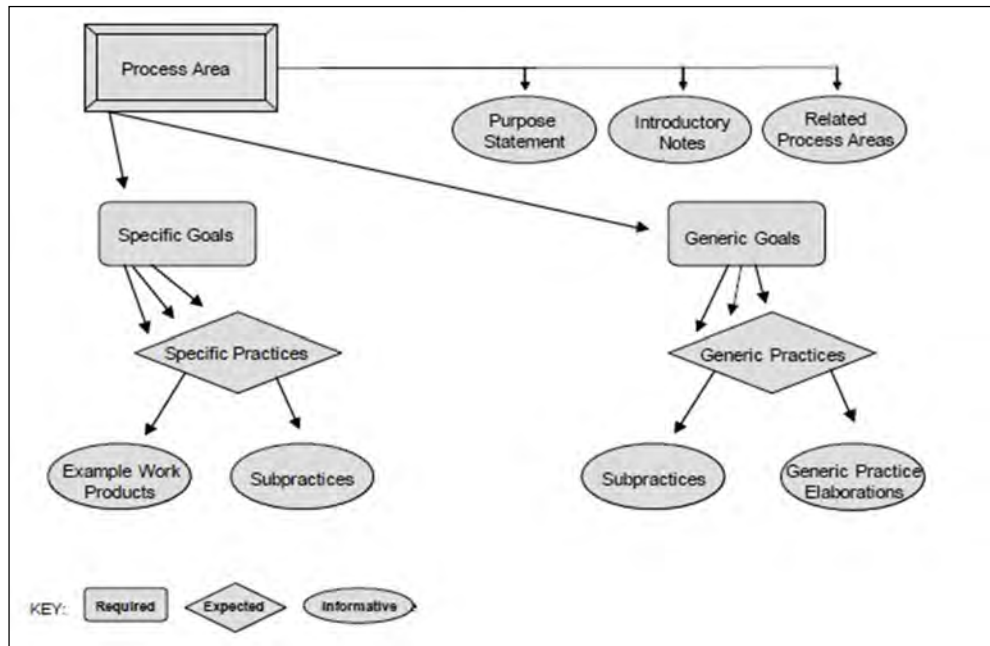
Cada área de processo é formada por objetivos genéricos e específicos, além de outros componentes. Esses componentes são agrupados em três categorias: obrigatório, esperado e informativo, que refletem a forma de interpretá-los. Conforme definido em CMMI-DEV (2010), componentes obrigatórios são aqueles essenciais para alcançar melhorias em uma determinada área de processo. Componentes esperados são aqueles que descrevem as atividades importantes para se alcançar um componente obrigatório. Componentes informativos ajudam os usuários do modelo CMMI a entender o objetivo de cada componente. A figura 1 ilustra os componentes constituintes de uma área de processo, bem como, a representação das categorias para cada um. Os elementos constituintes de uma área de processo são resumidos.

- Declaração de propósito: componente informativo que descreve o propósito da área de processo.
- Notas introdutórias: componente informativo que descreve os principais conceitos abordados na área de processo.
- Áreas de processo relacionadas: componente informativo que lista as referências a outras áreas de processos relacionadas.
- Objetivos específicos: componente obrigatório que descreve as características específicas que devem estar presentes para satisfazer a

área de processo. É utilizado no âmbito da avaliação para ajudar a determinar se uma área de processo é satisfeita.

- **Objetivos genéricos:** componente obrigatório que descreve as características que devem estar presentes para institucionalizar os processos que implementam uma área de processo. É utilizado no âmbito da avaliação para determinar se uma área de processo é satisfeita. São chamados de "genéricos", porque o mesmo objetivo se aplica a diferentes áreas de processo.
- **Práticas específicas:** componente esperado que descreve atividades consideradas importante para alcançar o objetivo específico associado.
- **Práticas genéricas:** componente esperado que descreve atividades consideradas importantes na institucionalização dos processos associado. São chamados de "genéricas", porque o mesmo objetivo se aplica a diferentes áreas de processo.
- **Subpráticas:** componente informativo que fornece orientação e idéias para a interpretação e implementação de práticas específicas ou genéricas.
- **Exemplo de produto de trabalho:** componente informativo que oferece amostras de saídas de uma prática específica.
- **Elaborações de práticas genéricas:** componente informativo que aparece depois de uma prática genérica para fornecer orientações sobre como a prática genérica poderia ser aplicada exclusivamente a uma área de processo. Não está presente em todos os modelos CMMI.

Figura 1 – Componentes de uma área de processo CMMI



Fonte: CMMI-DEV, 2010.

Além de fazer diferenciação entre o foco do negócio, modelos CMMI possuem dois tipos de representação: estagiada e contínua. A principal diferença entre elas é que a estagiada utiliza níveis de maturidade para caracterizar o estado geral dos processos, relativos ao modelo, como um todo da organização. Esse tipo de representação é bem conhecido por seu uso em *benchmarking* de maturidade de processos organizacionais. Já a representação contínua usa níveis de capacidade para caracterizar o estado dos processos da organização em relação a uma área de processo individual (CMMI-DEV, 2010). Ela foca apenas em uma área de processo em vez de todo um grupo de área de processos pertencentes a um nível. Cada área de processo poderá evoluir através de uma escala denominada níveis de capacidade. Assim uma área específica pode ser escolhida para melhoria, oferecendo à organização uma opção de selecionar qual área trabalhar primeiramente de acordo com seus objetivos de negócio.

Para a utilização do CMMI é necessário escolher o modelo adequado e o tipo de representação desejada. O quadro 1 apresenta uma breve descrição dos cinco níveis de maturidade do modelo CMMI na representação estagiada.

Quadro 1 – Representação Estagiada do CMMI

NÍVEL		DESCRIÇÃO
1	Inicial	Processos são imprevisíveis e não controlados. O sucesso da organização depende de pessoas, consideradas heróis.
2	Gerenciado	Processos são planejados e executados de acordo com políticas pré-estabelecidas.
3	Definido	Processos são bem caracterizados e compreendidos e estão descritos em normas, procedimentos, ferramentas e métodos.
4	Administrado quantitativamente	Métricas específicas de desempenho dos processos são coletadas e estatisticamente analisadas.
5	Otimizado	Melhoria contínua em seus processos. A organização utiliza uma abordagem quantitativa para compreender a variação relativa ao processo e seus resultados.

Fonte: O autor, 2013.

A representação contínua propõe seis níveis de capacidade. A partir do nível 3 os processos atingem Alto Nível de Maturidade e suas capacidades evoluem conforme os níveis 4 e 5 da representação estagiada. O quadro 2 apresenta os níveis de maturidade para a representação contínua.

Quadro 2 – Representação Contínua do CMMI

NÍVEL		DESCRIÇÃO
0	Incompleto	O processo não é executado por completo. Algum objetivo da área não é satisfeito.
1	Executado	Realiza o trabalho necessário para produzir produtos de trabalho e os objetivos específicos da área de processo são satisfeitos.
2	Gerenciado	O processo é planejado e executado de acordo com alguma política, controlado e monitorado.
3	Definido	O processo foi adaptado a partir de padrões da organização de acordo com as necessidades do projeto
4	Administrado quantitativamente	Métricas específicas de desempenho dos processos são coletadas e estatisticamente analisada.
5	Otimizado	Melhoria contínua em seus processos. A organização utiliza uma abordagem quantitativa para compreender a variação relativa ao processo e seus resultados.

Fonte: O autor, 2013.

### 1.1.1. Modelo de avaliação CMMI

O Standard CMMI Appraisal Method Process Improvement – SCAMPI (CLASS APPRAISAL, 2012) é o método oficial para avaliação de modelos CMMI em organizações, estabelecido pelo SEI. Seu objetivo é avaliar quanto uma organização está aderente às práticas estabelecidas no modelo CMMI utilizado. A família de avaliações SCAMPI inclui métodos de avaliação divididos nas classes A, B e C. Todas as avaliações resultam em conclusões que descrevem os pontos fortes e fracos do processo de uma organização com base nas melhores práticas do CMMI.

A metodologia SCAMPI divide o processo de avaliação em três fases: Planejamento e Preparação para Avaliação, Condução da Avaliação e Relatório de resultados. O primeiro processo do Planejamento e Preparação para Avaliação é a análise de requisitos. Antes de iniciar a fase de Condução da Avaliação, membros da organização avaliada coletam e registram evidências objetivas. Essas evidências consistem de Artefatos ou Afirmações utilizadas como indicadores da implementação ou institucionalização das práticas do modelo.

O documento SCAMPI-A (2011) define os termos Artefatos e Afirmação da seguinte forma:

- Artefato: Uma forma tangível de evidência objetiva, indicativa do trabalho que está sendo realizado, que representa a saída principal de uma prática do modelo ou uma consequência dessa prática.
- Afirmação: Uma declaração oral ou por escrito confirmando ou apoiando a implementação de uma prática do modelo, fornecida pelos implementadores da prática.

Durante a avaliação essas evidências são verificadas e validadas pela equipe avaliadora a fim de verificar forças e fraquezas de acordo com o modelo de avaliação em referência. Um plano de coleta de evidências objetivas desenvolvido pelo líder da equipe de avaliação, em conjunto com a organização avaliada, pode ajudar a distribuir esse esforço entre a organização e a equipe de avaliação (SCAMPI-A, 2011).

Na fase Condução da Avaliação, o foco está nos dados coletados pela organização, a fim de julgar o quanto estão implementadas as práticas do modelo



CMMI avaliado. Com base nesses insumos, a equipe de avaliação atribui um valor para caracterizar quanto uma prática está implementada baseando-se no modelo de avaliação escolhido. Cada prática é caracterizada com um dos valores seguintes: totalmente Implementado, fortemente implementado, parcialmente implementado, não implementado, ainda não implementado. Esses valores são usados para determinar se um objetivo foi satisfeito.

Na última fase de entrega do Relatório de Resultados, a equipe de avaliação fornece os resultados e as classificações para o patrocinador da avaliação. Esses artefatos tornam-se parte do registro de avaliação e são disponibilizados ao SEI. Para chegar a um determinado nível, uma organização deve satisfazer todas as metas da área de processo ou um conjunto de áreas de processo que são direcionados para a melhoria, tanto para representação estagiada quanto contínua (CMMI-DEV, 2010).

Organizações que queiram oficialmente publicar sua classificação em relação às avaliações de modelos CMMI devem optar pelo método SCAMPI A. Esse tipo de avaliação é conduzida por um líder certificado pelo SEI. Como um método de avaliação da classe A é uma ferramenta adequada para análise comparativa entre organizações (SCAMPI-A, 2011).

O método SCAMPI B mantém alguns dos requisitos do SCAMPI A, mas fornece padrões mais flexíveis para a avaliação da organização (SCAMPI-B&C, 2005). Ele ajuda uma organização a entender, com um grau relativamente elevado de confiança, o seu progresso em direção a um nível desejado de maturidade CMMI. Além disso, pode ser usado para prever a probabilidade de que as práticas avaliadas serão classificadas como “satisfatoriamente aplicada” em uma avaliação SCAMPI A (CLASS APPRAISAL, 2012).

O método SCAMPI C é apropriado para uma avaliação voltada para abordagens adotadas a fim de satisfazer os objetivos do CMMI. Avaliações focadas na implantação de processos baseados em modelos CMMI necessitam de padrões de coleta de dados mais abrangentes e não são bem suportados pelo SCAMPI C (SCAMPI-B&C, 2005). O método de avaliação SCAMPI C é menor, mais flexível, e custa menos do que os métodos SCAMPI A e B (CLASS APPRAISAL, 2012).

## 1.2. Business Process Maturity Model - BPMM

O desenvolvimento do Business Process Maturity Model – BPMM começou em 2002. Porém suas origens têm raízes nos primeiros trabalhos de gestão da qualidade iniciados a partir de 1920 por Walter Shewhart na empresa Western Electric e nos laboratórios da Bell Telephone, centro americano para pesquisa em telefonia (OMG, 2008). O BPMM descreve um caminho de melhoria evolutiva que orienta as organizações na passagem de processos imaturos e inconsistentes para processos maduros e baseia-se nos seguintes fundamentos:

Atributos de um processo podem ser avaliados para determinar sua capacidade de contribuir para os objetivos organizacionais.

Processos capazes não podem sobreviver a menos que a organização seja madura o suficiente para sustentá-los.

Melhoria de processos é tratada mais como um programa de mudança organizacional que apresenta as melhorias para alcançar estados sucessivamente mais previsíveis da capacidade organizacional.

Cada estágio ou nível de maturidade estabelece uma base necessária sobre a qual futuras melhorias podem ser construídas.

Por seguir rigorosamente os princípios do CMM, o modelo BPMM pode ser mapeado para CMMI, porém com uma visão voltada para melhoria de processos de negócios. Dessa forma, tende a ser mais transacional, ou seja, focado em workflows de negócio que possuem atividades além das fronteiras organizacionais. O CMMI tende a ser mais orientado a projeto (OMG, 2008).

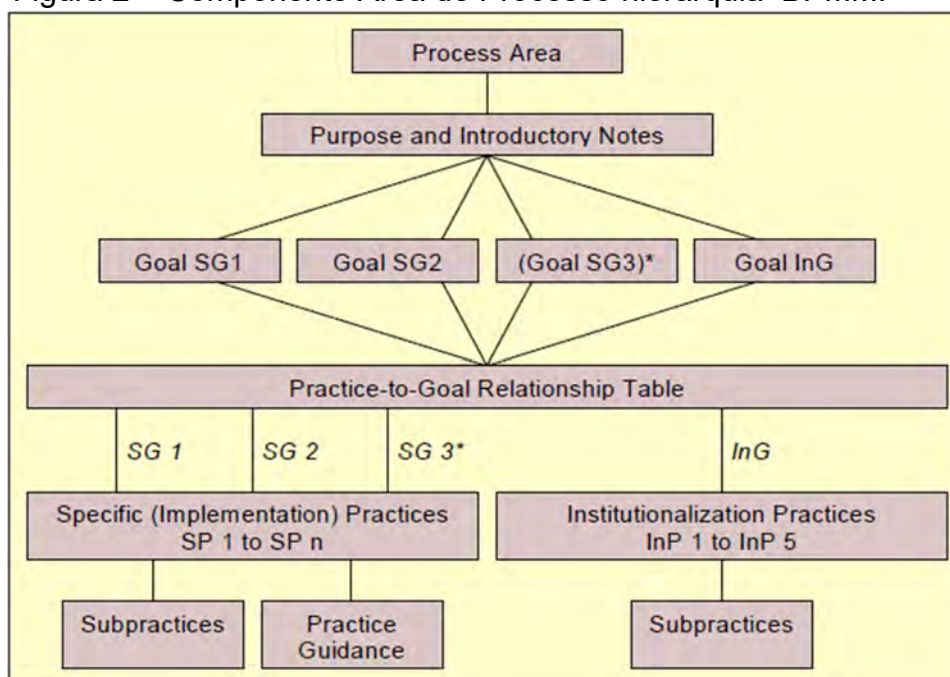
O BPMM é estruturado em uma hierarquia de componentes, assim como acontece no CMM e institui cinco níveis de maturidade em seu modelo. Todos os níveis de maturidade, exceto o nível 1, possuem áreas de processos que habilitam a capacidade pertinente a cada nível. Cada área de processo é constituída por uma coleção de melhores práticas integradas que indicam O QUE deve ser feito, mas não COMO deve ser feito. o BPMM não impõe quaisquer restrições sobre a forma como uma organização deve estruturar suas descrições de processo. Diferentes empresas têm necessidades diferentes, prioridades diferentes, e precisam enfatizar

diferentes aspectos de seus processos (OMG, 2008). Assim, as organizações têm liberdade para definir seus próprios métodos e abordagens para satisfazer as metas e objetivos de cada área de negócio.

A hierarquia pode ser resumida da seguinte maneira: o nível mais alto da hierarquia BPMM está no quinto nível de maturidade, 1 (inicial), 2 (gerenciado), 3 (Padronizado), 4 (previsível) e 5 (Inovador). A figura 2 representa a hierarquia BPMM a partir do componente Área de processo. Os níveis de maturidade 2, 3, 4 e 5 contêm uma ou mais áreas de processo. O nível 1 não contém nenhuma área de processo. As áreas de processos são compostas por:

- o propósito da área de processo;
- observações introdutórias da área de processo;
- objetivos específicos da área de processo;
- objetivo institucionalizador da área de processo;
- tabela de relação de prática-para-objetivo;
- práticas específicas;
- praticas institucionalizadoras;

Figura 2 – Componente Área de Processo hierarquia BPMM.



Fonte: OMG, 2008.

Os níveis de maturidade estabelecem uma sequência de estágios de forma que cada etapa construída seja uma base para a etapa seguinte, ou seja, orienta as melhorias em etapas lógicas e incrementais. Cada nível representa diferentes estados através do qual uma organização é transformada e como seus processos e capacidade se encontram. Cada estágio cria uma base para fases posteriores, e pode mudar a cultura da organização (OMG, 2008). O quadro 3 mostra uma breve descrição para cada nível de maturidade estabelecido no BPMM.

Todos os níveis de maturidade, exceto o nível 1, possuem áreas de processos que habilitam a capacidade pertinente a cada nível. Cada área de processo é constituída por uma coleção de melhores práticas integradas que indicam onde uma organização deve focar para melhorar seus processos. O modelo BPMM afirma que a execução coletiva dessas práticas resulta no avanço da capacidade dos processos. As áreas de processo podem ser consideradas como os requisitos para a obtenção de um nível de maturidade. Para alcançar um nível de maturidade, as áreas de processo, para aquele nível, devem ser satisfeitas (ou não serem aplicáveis) e os processos devem ser institucionalizados (OMG, 2008).

Quadro 3 – Níveis de Maturidade do BPMM

NÍVEL		DESCRIÇÃO
1	Inicial	Processos executados de maneira “ad hoc”, gerenciamento inconsistente e com resultados difíceis de prever.
2	Gerenciado	Gestão estabilizada dentro das unidades locais de trabalho. Outras unidades de trabalho que realizam tarefas similares podem utilizar processos diferentes.
3	Padronizado	Processos padronizados são resumidos a partir de melhores práticas identificadas nos grupos de trabalho
4	Previsível	Os recursos ativados por processos padronizados são exploradas e retornados para as unidades de trabalho. O desempenho do processo é gerenciado estatisticamente
5	Inovador	Ações inovadoras que podem preencher lacunas entre a capacidade atual da organização e a capacidade necessária para atingir seus objetivos de negócios.

Fonte: O autor, 2013.

### 1.2.1. Modelo de Avaliação BPMM

As avaliações são conduzidas por um líder certificado, externo à organização, devidamente treinado em BPMM e em seus métodos de avaliação. A equipe liderada pelo avaliador inclui alguns membros da organização que está sendo julgada. A conformidade com BPMM é analisada através das revisões dos artefatos que são produzidos e que apoiam a organização, entrevistas com indivíduos executores e supervisores da organização e dados quantitativos que descrevem o estado da organização e o desempenho dos seus processos. Além disso, são realizados julgamentos sobre pontos fortes e fracos e até que ponto essas práticas satisfazem o objetivo da área de processo, pertencente ao nível de maturidade no escopo da avaliação. O modelo ainda propõe quatro tipos de avaliação de acordo com o propósito do uso do modelo:

1) Avaliação inicial - uma avaliação simples que dura alguns dias para alcançar uma visão geral de conformidade com o BPMM. Dados quantitativos são coletados, porém evidências não são revistas profundamente e entrevistas são limitadas. Esse tipo de avaliação é direcionada as organizações que estão começando com BPMM, utilizando-o como guia para orientar gestão de processos de negócios. A avaliação fornece informações suficientes para iniciar um programa de melhoria de processos, auxiliando na descoberta de forças e fraquezas.

2) Avaliação de Progresso - uma análise de todas as áreas de processo e práticas no escopo do nível de maturidade avaliado. Fornece um plano para alcançar o progresso para um nível de maturidade superior ou antecipar os resultados de uma avaliação confirmatória. Este de avaliação é demorada, mas não envolve o mesmo nível de rigor e integridade de uma avaliação confirmatória. Os dados quantitativos são coletados e comparados com os resultados obtidos a partir de entrevistas e artefatos de revisão. Avaliação de progresso é utilizada para análises internas do nível de maturidade de uma organização.

3) Avaliação de Fornecedor – semelhante à avaliação de progresso, porém não inclui membros da organização. Nesta etapa, dados quantitativos são coletados e as descobertas podem ser usadas para o desenvolvimento de compromissos contratuais de melhorias, que podem ser verificadas por meio de Avaliações de Progresso, Fornecedor ou Confirmatória. Normalmente é executada no processo de seleção de fornecedores.

4) Avaliação Confirmatória – avaliação profunda de todas as áreas de processos e práticas dentro do escopo de nível de maturidade da organização utilizando todas as evidências citadas anteriormente. As evidências são expostas a toda a equipe de avaliação para que sejam capazes de avaliar profundamente a conformidade. Dados quantitativos são coletados para investigar o desempenho e resultados das práticas. A equipe de avaliação testa se cada prática está sendo implementada e se alcança seus objetivos. Somente uma Avaliação Confirmatória pode estabelecer oficialmente o nível de maturidade da organização.

### **1.3. Process Enterprise Maturity Model – PEMM**

O framework *Process Enterprise Maturity Model – PEMM* proposto por Hammer (HAMMER, 2007) é fruto de alguns anos de seu trabalho em pesquisa com empresas que estavam tentando implementar e aprimorar processos de negócios, a fim de melhorarem o seu desempenho. Ele tem o objetivo de ajudar executivos a compreender, planejar e avaliar esforços despendidos em estruturação baseadas em processos. Hammer, durante sua pesquisa, identifica dois grupos de atributos que ele considera primordiais para que as organizações consigam usufruir de todos os benefícios de uma gestão baseada em processos: Facilitadores de Processos (*Process Enablers*), pertinentes a processos individuais da organização e Capacidades Organizacionais (*Organizations Capabilities*) que se aplica à organização como um todo. Diferente dos demais modelos, a maturidade da organização evolui de acordo com a presença dos atributos elencados por Hammer.

Os Facilitadores de Processos são definidos por Hammer como atributos essenciais que determinam o bom desempenho de um processo. Alguns desses fatores foram subdivididos em mais elementos na intenção de refinar ainda mais a análise. Os cinco Facilitadores de Processos eleitos por Hammer são: (i) **Desenho**: a amplitude da especificação de como o processo está sendo executado; (ii) **Executores**: as pessoas que executam os processos devem possuir habilidades e conhecimento apropriado para tal; (iii) **Dono**: deve existir um executivo de alto poder que tenha responsabilidade e autoridade para garantir a entrega dos resultados; (iv) **Infraestrutura**: os sistemas de informação devem estar alinhados para apoiar os processos; (v) **Métricas**: a organização deve estabelecer métricas de desempenho para avaliação dos seus processos ao longo do tempo.

As capacidades organizacionais são necessárias para o sucesso da implementação de uma gestão por processos, pois apoiam a iniciativa de transformações nos processos (Hammer, 2007). Dessa forma, Hammer aponta quatro capacidades que devem estar preparadas para apoiar essas mudanças: **Liderança**: executivos de alto nível da organização devem estar comprometidos com a abordagem de processos de negócios; **Cultura**: cultura de valor do cliente, trabalho em equipe, responsabilidade individual e vontade de mudar são necessárias pra avançar com projetos que ocasionam mudança nos processos; **Conhecimento**: devem existir pessoas com experiência em remodelagem de processos; **Governança**: a empresa deve ter certeza de ter projetos de governança e iniciativas de mudanças. Hammer enfatiza que juntos, facilitadores e capacidades fornecem uma forma efetiva para as empresas planejarem e avaliarem as transformações baseadas em processos.

O modelo PEMM define quatro níveis de força, tanto para os facilitadores de processo, quanto para as capacidades organizacionais. A força de um atributo determina quão maduro um processo está e o quanto é capaz de entregar alto desempenho ao longo do tempo. Assim, a maturidade de um processo é determinada pela existência plena de todos os atributos para aquele processo. Para que um processo esteja classificado dentro de um nível, todos os elementos de atributos têm que estar nesse nível. Se pelo menos um elemento não tiver alcançado o nível em questão, o processo não terá atingido esse nível e será classificado com o nível imediatamente abaixo. Hammer afirma que os facilitadores de processos são interdependentes, ou seja, que uma falha implica

consequentemente na ineficácia de outro ponto. Um dono de processo com pouco poder de decisão poderá comprometer a necessidade de mudanças expressivas no desenho, por exemplo. O nível de maturidade das capacidades organizacionais também é determinado de acordo com a força do atributo de capacidade analisado. O quadro 4 apresenta os facilitadores de processo e as capacidades organizacionais mencionadas no PEMM e seus quatro possíveis níveis de maturidade.

Quadro 4 – Níveis de maturidade PEMMM

<b>Facilitadores de Processo</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>
<i>Desenho</i>				
<i>Executores</i>				
<i>Dono</i>				
<i>Infraestrutura</i>				
<i>Métricas</i>				
<b>Capacidades Organizacionais</b>	<b>O1</b>	<b>O2</b>	<b>O3</b>	<b>O4</b>
<i>Liderança</i>				
<i>Cultura</i>				
<i>Conhecimento</i>				
<i>Governança</i>				

Fonte : O autor, 2013.

### 1.3.1. Modelo de Avaliação PEMM

Cada atributo, seja de facilitadores ou de capacidades, é avaliado individualmente através de uma tabela que contém proposições relacionadas ao atributo em questão. Os participantes julgam quanto àquela sentença é verdadeira para cada processo considerado, assinalando da seguinte maneira: **Amplamente verdade**, indica que a proposição está pelo menos 80% correta. A célula que contém a proposição com essa classificação é pintada de verde; **Um pouco verdade**, indica que a proposição está entre 20 e 80% correta. A célula que contém a proposição com essa classificação é pintada de amarelo; **Amplamente falsa**, indica que a proposição está menos que 20% correta. A célula da tabela que contém a proposição com essa classificação é pintada de vermelho.



Os facilitadores podem ser aplicados a qualquer tipo de processo. O *framework* diz qual característica deve existir nos processos, mas não define processos específicos para sua avaliação. O *framework* ainda trata os atributos de forma linear, ou seja, todos eles têm o mesmo peso na classificação de maturidade. Independente dos interesses do negócio, um facilitador qualquer que não alcance um determinado nível acarreta no rebaixamento do nível de maturidade do processo. As tabelas com as sentenças para análise da maturidade dos facilitadores de processo e das capacidades organizacionais estão apresentados no anexo A e B.

#### **1.4. Análise dos modelos**

Os modelos de maturidade de processos de negócios basicamente se dividem em duas categorias: aqueles que focam estritamente na reformulação e melhoria dos processos de negócios e aqueles que se concentram mais amplamente na reestruturação da organização e em estabelecer um contexto para a governança de processos de negócios (HARMON, 2006).

Conforme a descrição dos modelos de avaliação apresentados neste trabalho, o julgamento dos fatores considerados ocorre de forma subjetiva. Muitos dos questionários utilizados para avaliação tratam as questões com imprecisão, como, por exemplo, o modelo SCAMPI e o modelo proposto por Hammer. No SCAMPI, cada prática é classificada de acordo com o grau de implementação (totalmente Implementado, fortemente implementado, parcialmente implementado, não implementado, ainda não implementado) e no modelo PEMM as sentenças são classificadas de acordo com o grau de veracidade (amplamente verdade, um pouco verdade, amplamente falsa). Além disso, outros fatores contribuem para a avaliação, como a descoberta de forças e fraquezas dentro da organização.

A forma como PEMM divide sua avaliação em maturidade de processos e maturidade empresarial é bastante conveniente, tendo em vista que embora estejam relacionadas não são necessariamente dependentes. Só porque um processo central crítico é maduro e funciona a todo vapor não faz toda a organização madura em relação ao processo. O desempenho desse processo único pode de fato ser uma

indicação de que a organização está se movendo por esse caminho, e pode ser marco significativo, porém não garante o sucesso global e maturidade (POWER, 2007). Além disso, sua estrutura segmentada nos critérios de maturidade permite uma análise mais granular, o que facilita apontar com mais precisão onde deve se empregar esforços para melhorias.

Por fim, os critérios de avaliação muitas das vezes são julgados de maneira não ponderada e abrupta. No modelo PEMM, por exemplo, todos os atributos de maturidade têm de estar num mesmo nível para se alcançar um determinado grau de maturidade, independente dos interesses do negócio.

Propor um modelo matemático tradicional, que considere todas as variáveis envolvidas nesse problema, acarreta em uma modelagem difícil, tendo em vista o número de parâmetros envolvidos. Esse é um dos fatores que acaba tornando um modelo de avaliação bastante complexo e extenso. Com a intenção de facilitar esse processo, este trabalho propõe a abordagem da lógica *fuzzy* como solução para avaliação da maturidade de uma organização. O modelo de avaliação PEMM foi utilizado como base para a proposta de avaliação da maturidade de uma organização. A escolha pelo modelo PEMM se deu pela facilidade de uso. Além disso, sua abordagem dual analisa tanto a parte técnica como também a parte cultural que está presente em qualquer processo de mudança mais profundo. Dessa forma, a junção dessas análises permite identificar o estado global da organização em relação à gestão por processos.

O capítulo a seguir apresenta alguns conceitos matemáticos sobre a lógica *fuzzy* a fim de fornecer subsídios para entendimento da solução proposta.

## 2. LÓGICA FUZZY

A Lógica *Fuzzy* ou lógica nebulosa é uma aplicação da Teoria dos Conjuntos Fuzzy e foi desenvolvida por Lotfi Zadeh a partir de 1965. A principal motivação da teoria dos conjuntos *fuzzy* é o desejo de construir uma estrutura formal quantitativa, capaz de capturar as imprecisões do conhecimento humano, isto é, como esse conhecimento é formulado na linguagem natural. Essa teoria visa ser a ponte, que une modelos matemáticos tradicionais, precisos, de sistemas físicos, e a representação mental, geralmente imprecisa, desses sistemas (DUBOIS e PRADE, 1991).

As teorias mais populares para tratar incertezas são respectivamente a teoria dos conjuntos (clássicos) e a teoria de probabilidades. Essas teorias, embora válidas, muitas vezes não conseguem capturar detalhadamente a riqueza da informação fornecida por seres humanos. A teoria dos conjuntos não consegue tratar o aspecto vago da informação e a teoria de probabilidades, na qual a probabilidade de um evento determina completamente a probabilidade do evento contrário, é mais adequada para tratar de informações repetitivas do que aquelas fornecidas por seres humanos (SADRI e CORREA, 1999). A lógica fuzzy tem como princípio fundamental a representação da lógica e da racionalidade humana na resolução de problemas complexos (VON ALTROCK, 1996).

A mente humana manipula conceitos subjetivos tais como, alto, baixo, velho e novo, que são incluídos em classes de objetos na teoria fuzzy, onde a pertinência ou não de um elemento a um conjunto dá-se de forma gradual e não abrupta (ZADEH, 1990).

A utilização da lógica fuzzy visa simplificar as dificuldades encontradas quando se utiliza um modelo matemático tradicional para tratar problemas que envolvam raciocínios que não são exatos. Ela apoia os modos de raciocínio que são aproximados. Modelar os conceitos gerados pela necessidade de incluir novos parâmetros na avaliação torna-se muito difícil quando é preciso empregar o auxílio matemático/computacional (ZIMMERMANN, 2001).

Conforme Munakata e Jani (1994) a teoria dos conjuntos *fuzzy* fornece uma estrutura matemática restrita, na qual um fenômeno conceitual vago pode ser preciso e rigorosamente estudado. Em termos mais específicos, o que diferencia a lógica

fuzzy da lógica clássica é que, ao contrário dos sistemas lógicos clássicos, ela visa modelar modos imprecisos de raciocínio que desempenham um papel essencial na notável capacidade humana de tomar decisões racionais em um ambiente de incerteza e imprecisão (ZADEH, 1988).

## 2.1. Conceitos matemáticos da Lógica Nebulosa

### 2.1.1. Função de pertinência

Um conjunto ordinário é definido na lógica clássica como uma coleção de elementos  $a \in A$ , onde  $A$  é o conjunto universo. Cada elemento pode pertencer ou não a um conjunto  $X$ , onde  $X \subseteq A$ .

Zadeh (1973) propõe uma generalização desse raciocínio de maneira que um dado elemento pode assumir um número infinito de valores no intervalo  $[0,1]$ , sugerindo assim que alguns elementos são mais membros de um conjunto do que outros. Um conjunto nebuloso  $B$  do universo do discurso  $\Omega$ , tal que  $B \subseteq \Omega$ , é definido por uma função de pertinência 2.1.

$$\mu_B(x) : B \rightarrow [0,1] \quad (2.1)$$

Essa função associa cada elemento  $x$  de  $B$  o grau  $\mu_B(x)$  de pertinência, com o qual  $B$ . Assim, o valor zero representa a não pertinência completa do elemento ao subconjunto, o valor um representa a pertinência completa, e os valores entre zero e um são usados para representar os graus intermediários de pertinência do subconjunto  $B$ .

Conforme definido por Sandri e Correa (1999), um conjunto  $A$  da lógica clássica, pode ser visto na lógica fuzzy como um subconjunto específico usualmente denominado abrupto (crisp sets). Nesse caso, para todo  $x \in A \rightarrow \mu_A(x) = \{0,1\}$ . Isso

significa dizer que para cada elemento seu grau de pertinência é do tipo “tudo ou nada”, “verdadeiro ou falso”, não gradual como nos conjuntos nebulosos (fuzzy sets). Assim, pode ser observado que um conjunto fuzzy B, acima mencionado, é completamente determinado pelo conjunto de n-uplas de 2.2.

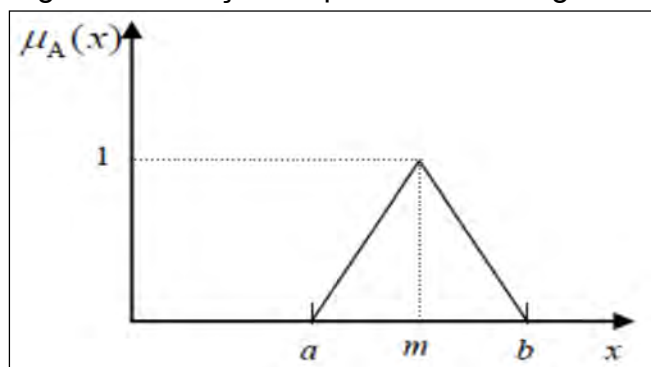
$$\mathbf{B} = \{ (x, \mu_B(x)) \mid x \in \mathbf{B} \} \quad (2.2)$$

As funções de pertinência têm, usualmente, as formas triangular, trapezoidal ou ainda gaussianas. Existem outras formas para representá-las, nem sempre simétricas, como funções com “forma de sino”, estritamente crescentes ou decrescentes. A forma de cada função depende do contexto da aplicação (BELCHIOR, 1997). A seguir, breve descrição das principais formas de funções de pertinência.

**Função Triangular:**  $(a, b)$  tal que,  $a \leq m \leq b$

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & ; \text{se } x \leq a; \\ \frac{x-a}{m-a} & ; \text{se } x \in [a, m]; \\ \frac{b-x}{b-m} & ; \text{se } x \in [m, b]; \\ 0 & ; \text{se } x \geq b; \end{cases} \quad (2.3)$$

Figura 3 – Função de pertinência triangular

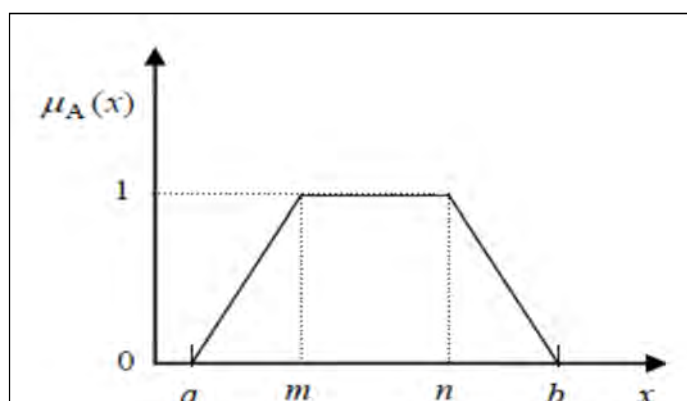


Fonte: BENINI, 2007

**Função Trapezoidal:**  $(a, b, m, n)$  tal que,  $a \leq m$ ,  $n \leq b$  e  $m \leq n$

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a; \\ \frac{x-a}{m-a} & ; \text{se } x \in [a, m]; \\ 1 & ; \text{se } x \in [m, n]; \\ \frac{b-x}{b-n} & ; \text{se } x \in [n, b]; \\ 0 & ; \text{se } x > b \end{cases} \quad (2.4)$$

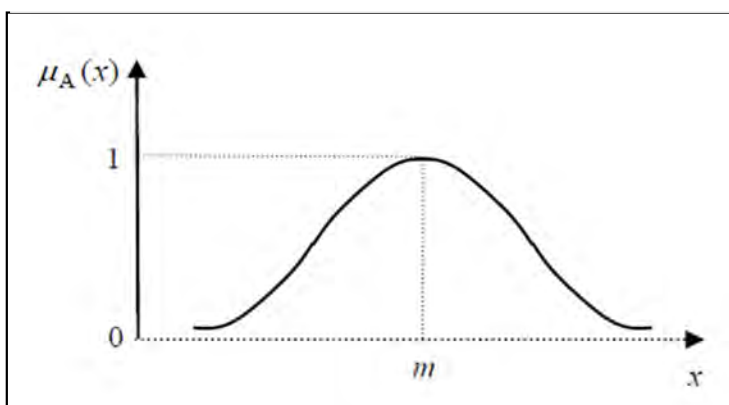
Figura 4 – Função de pertinência trapezoidal



Fonte: BENINI, 2007.

**Função Gaussiana:**  $\mu_A(x) = e^{-k(x-m)^2}$ ;  $(k > 1)$ ; (2.5)

Figura 5 – Função de pertinência gaussiana

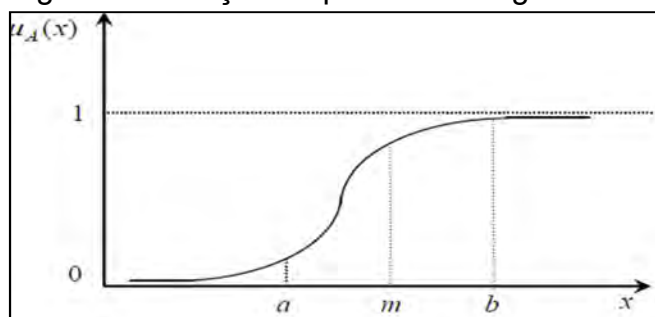


Fonte: BENINI, 2007

### Função Sigmoide:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a; \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2 & ; \text{se } x \in [a,m]; \\ 1 - 2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2 & ; \text{se } x \in [m,b], \text{ onde } m = \left(\frac{a+b}{2}\right) \\ 1 & ; \text{se } x \geq b \end{cases} \quad (2.6)$$

Figura 6 – Função de pertinência sigmoide

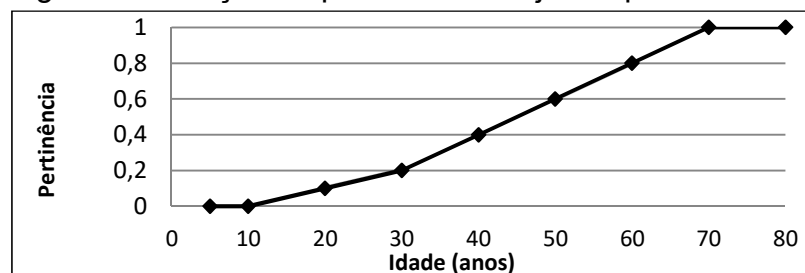


Fonte: BENINI, 2007

De forma a exemplificar, considere um conjunto nebuloso denominado “pessoas velhas”. O conjunto seria formado pelos seguintes pares: pessoas velha =  $V = \{0/5; 0/10; 0,1/20; 0,2/30; 0,4/40; 0,6/50; 0,8/60; 1/70; 1/80\}$ .

Com esse exemplo temos que os valores (0/5, 0/10, 1/70, 1/80) representam um subconjunto crisp sets para o conjunto fuzzy V. Pode-se concluir que a função de pertinência ilustrada na figura 7 caracteriza completamente o conjunto fuzzy V.

Figura 7 – Função de pertinência conjunto “pessoas velhas”



Fonte: BELCHIOR, 1997.

### 2.1.2. Representação de Conjuntos Fuzzy

Conforme Zadeh (1973), seja um conjunto fuzzy  $A$  do universo do discurso  $\Omega$ , discreto e finito. Neste caso a cardinalidade de  $A$  é expressa como em 2.7, sendo que a somatória se refere à operação união, e o termo  $\mu_A(x_i) / x_i$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ , significa que  $\mu_A(x_i)$  é o grau de pertinência de  $x_i$  em  $A$ .

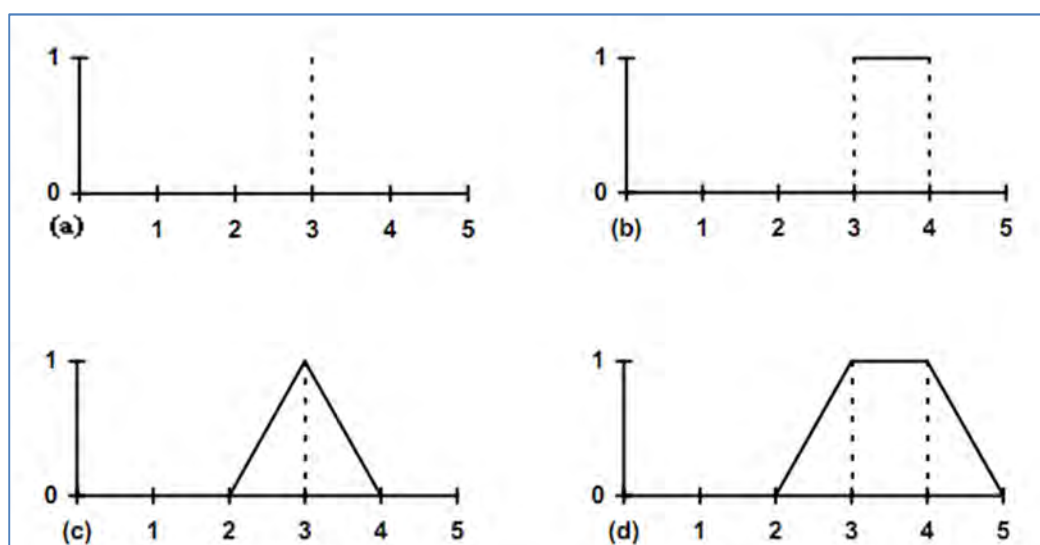
$$| \mathbf{A} | = \sum_{x \in \Omega} \mu_A(x_i) / x_i \quad (2.7)$$

Para um conjunto fuzzy  $B$  do universo do discurso  $\Omega$ , contínuo a cardinalidade de  $B$  é expressa como em 2.8, onde o sinal da integral se refere à união de conjuntos unitários fuzzy.

$$| \mathbf{B} | = \int_{\Omega} \mu_B(x_i) / x_i , \quad (2.8)$$

A figura 8 exemplifica uma comparação entre um número real 3 (a) e um intervalo nítido [3,4] (b), com um número fuzzy “próximo a 3” (c) e um intervalo fuzzy trapezoidal (d), respectivamente.

Figura 8 – Comparação entre números reais e números fuzzy



Fonte: BELCHIOR, 1997



### 2.1.3. Operações dos Conjuntos Fuzzy

As operações fuzzy interseção, união e complemento e constituem uma estrutura consistente da teoria dos conjuntos *fuzzy*, para a extensão de conjuntos nítidos (ZADEH, 1965) e são definidas a seguir.

Seja A e B dois conjuntos fuzzy definidos em um universo de discurso  $\Omega$  com funções de pertinência  $\mu_A(x)$  e  $\mu_B(x)$ , respectivamente.

a) Interseção: a interseção entre dois conjuntos fuzzy A e B é formada por todos os valores mínimos entre  $\mu_A(x)$  e  $\mu_B(x)$ , para todo  $x \in \Omega$  como em 2.9.

$$\mu_A \cap \mu_B = \mu_A(x) \cap \mu_B(x) = (\mu_A \cap \mu_B)(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (2.9)$$

b) Conjunto União: a união entre dois conjuntos fuzzy A e B é formada por todos os valores máximos entre  $\mu_A(x)$  e  $\mu_B(x)$ , para todo  $x \in \Omega$  como em 2.10.

$$\mu_A \cup \mu_B = \mu_A(x) \cup \mu_B(x) = (\mu_A \cup \mu_B)(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (2.10)$$

c) Complemento: o complemento de um conjunto fuzzy A é formado pela subtração entre o valor unitário 1 e  $\mu_A(x)$ , como em 2.11.

$$\bar{A} = \mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (2.11)$$

### 2.1.4. Propriedades Algébricas

O conjunto fuzzy interseção e união satisfazem as propriedades da teoria de conjuntos clássica a seguir (KLIR e YUAN, 1995a):

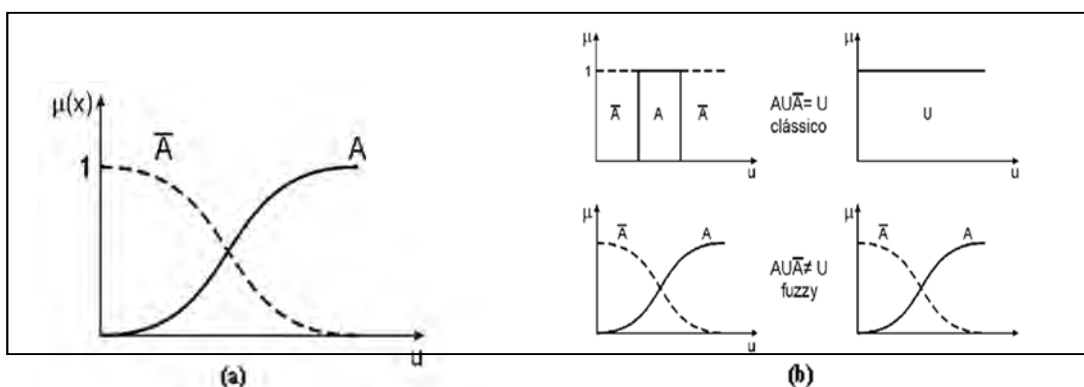
- a) Involução:  $\mu_A(\mu_A(x)) = x$
- b) Idempotência:  $\mu_{A \cap A}(x) = \mu_A(x)$ ;  $\mu_{A \cup A} = \mu_A(x)$ ;
- c) Comutatividade:  $\mu_{A \cap B}(x) = \mu_{B \cap A}(x)$ ;  $\mu_{A \cup B}(x) = \mu_{B \cup A}(x)$ ;
- d) Associatividade:  $\mu_{(A \cap B) \cap C}(x) = \mu_{A \cap (B \cap C)}(x)$ ;  $\mu_{(A \cup B) \cup C}(x) = \mu_{A \cup (B \cup C)}(x)$ ;
- e) Distributividade:  $\mu_{A \cap (B \cup C)}(x) = \mu_{(A \cap B) \cup (A \cap C)}(x)$ ;  
 $\mu_{A \cup (B \cap C)}(x) = \mu_{(A \cup B) \cap (A \cup C)}(x)$ ;  
 $\mu_{(A \cap B) \cap C}(x) = \mu_{(A \cap C) \cap (B \cap C)}(x)$ ;  
 $\mu_{(A \cup B) \cup C}(x) = \mu_{(A \cup C) \cup (B \cup C)}(x)$ ;
- f) Absorção:  $\mu_{A \cap (A \cup B)}(x) = \mu_{A \cup (A \cap B)}(x) = \mu_A(x)$ ;
- g) Absorção por X e 0:  $\mu_{A \cap 0}(x) = 0$ ;  $\mu_{A \cup X}(x) = X$ ;
- h) Identidade:  $\mu_{A \cap X}(x) = \mu_A(x)$ ;  $\mu_{A \cup 0}(x) = \mu_A(x)$ ;
- i) Lei Transitiva: Se  $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$  e  $\mu_B(x) \leq \mu_C(x) \rightarrow \mu_A(x) \leq \mu_C(x)$ ;
- j) Leis De Morgan:  $\mu_{\overline{(A \cap B)}}(x) = \mu_{(\overline{A} \cup \overline{B})}(x)$ ;  $\mu_{\overline{(A \cup B)}}(x) = \mu_{(\overline{A} \cap \overline{B})}(x)$ ;

Uma das consequências da definição de conjuntos fuzzy em relação à conjuntos da matemática clássica é a não validação da Lei da Contradição ( $A \cap \overline{A} = \emptyset$ ), e da Lei do Meio Excluído ( $A \cup \overline{A} = X$ ). Elas não são válidas para conjuntos fuzzy como verificado em 2.12 e 2.13 (KLIR e YUAN 1995a). A figura 9 ilustra a violação às leis da Contradição em (a) e às leis do Meio Excluído em (b).

$$\mu_{A \cap \overline{A}}(x) = \min[ \mu_A(x), (1 - \mu_A(x)) ] \neq 0 ; \text{ para todo } \mu_A(x) \in ] 0,1[ \quad (2.12)$$

$$\mu_{A \cup \overline{A}}(x) = \max[ \mu_A(x), (1 - \mu_A(x)) ] \neq X ; \quad (2.13)$$

Figura 9 – Violação às leis da contradição e do meio excluído



Fonte: ORTEGA, 2001.

### 2.1.5. T-norma e T-conorma

Na lógica fuzzy a interseção e união é implementada por classes de operadores denominados t-norma e t-conorma, respectivamente (SADRI e CORREA, 1999).

A operação de interseção satisfaz as condições de uma t-norma (T) (BONISSONE e DECKER, 1986):

- a)  $T(0,0) = 0$
- b)  $T(a,1) = T(1,a) = a$  (identidade)
- c)  $T(a,b) \leq T(c,d)$  se  $a \leq c$  e  $b \leq d$  (monotocidade)
- d)  $T(a,b) = T(b,a)$  (comutatividade)
- e)  $T(a,T(b,c)) = T(T(a,b),c)$  (associatividade)

A operação de união satisfaz as condições de uma t-conorma (S):

- a)  $S(1,1) = 1$ ;
- b)  $S(0,a) = S(a,0) = a$ ; (identidade)
- c)  $S(a,b) \leq S(c,d)$  se  $a \leq c$  e  $b \leq d$ ; (monotocidade)
- d)  $S(a,b) = S(b,a)$  (comutatividade)
- e)  $S(a,S(b,c)) = S(S(a,b),c)$  (associatividade)

As t-normas e t-conormas servem como operadores de agregação. Os conjuntos definidos por esses operadores são aplicados nas regras composicionais de inferência (composição de relações), para obter a generalização do método modus ponens (DESCHRIJVER, CORNELIS e KERRE, 2004) que será mais bem explicado na seção 2.3.4.

### 2.1.6. Variáveis linguísticas

Os valores de uma variável linguística são conjuntos fuzzy, cujos rótulos são sentenças em uma linguagem natural (ZADEH, 1973). Essas variáveis permitem descrever informações que normalmente estão disponibilizadas de forma qualitativa (BENINI, 2007).

Uma variável linguística é caracterizada por uma quintupla  $(x, T(x), U, G, M)$ . Onde,  $x$  é o nome da variável. O conjunto dos termos linguísticos de  $x$  é  $T(x)$  ou simplesmente  $T$ , o qual se refere a uma variável base  $u$ , cujos valores estão no conjunto universo  $U$ . Portanto, para cada variável linguística, teremos um conjunto de termos que são interpretados como números fuzzy específicos.  $G$  é uma regra sintática, para a geração dos termos linguísticos.  $M$  é uma regra semântica, que associa a cada termo linguístico  $t \in T$  ao seu significado,  $M(t)$ , que é um conjunto fuzzy em  $U$  (ZADEH, 1975). Dessa forma para o conjunto fuzzy “pessoas velhas”, mencionada na seção 2.2.1, têm-se:

**Variável linguística = Idade**

**$G(x)$  = uma regra que gera os rótulos dos termos linguísticos**

**Termos da variável linguística =  $T(idade) = \{velho\}$**

**$U = [5, 80]$**

**$M(idade) = \{ (u, \mu_{(velho)}(u), \text{tal que, } u \in [5, 80] \}$  onde,**

$$\mu_{(velho)} = \begin{cases} 0 & \text{para } u \in [5, 10] \\ \varphi(u), & \text{para } u \in ]10, 70[ \\ 1 & \text{para } u \in [70, 80] \end{cases} \quad (2.13)$$

#### 2.1.7. Relações fuzzy

As relações fuzzy são generalizações das relações clássicas, assim como acontece com os conjuntos fuzzy e a teoria clássica de conjuntos. Relações fuzzy podem ser construídas a partir do produto cartesiano entre conjuntos fuzzy de universos de discurso diferentes, sendo a operação de interseção fuzzy o produto cartesiano entre os mesmos (BENINI, 2007).

De acordo com Ortega (2001), uma relação fuzzy  $R$  sobre  $n$  objetos  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , cujos domínios são  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ , respectivamente, é estabelecida por uma função que mapeia o ponto  $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$  em  $X_1 \times X_2 \times X_3 \times X_n$  para um número no intervalo  $[0,1]$ . A fim de exemplificar o conceito exposto, considere o exemplo a seguir (BENINI, 2007).

Suponha que se queira expressar uma relação fuzzy  $R$  de um sistema de conceito “ambiente agradável” em termos de temperatura e umidade. Considere o universo do discurso para temperatura dado por  $U=\{x_1, x_2, x_3\}=\{18, 20, 22\}$ , e o universo do discurso para os graus de umidade dado por  $V=\{y_1, y_2, y_3\}=\{30, 50, 70\}$ . Pode se estabelecer o grau de relação entre cada valor de temperatura e umidade, e assim representar o conceito ambiente agradável através das funções de pertinência:

$$\begin{aligned} \mu_R(18,30) &= \mu_R(18,70) = \mu_R(22,30) = \mu_R(22,70) = 0,2 \\ \mu_R(18,50) &= \mu_R(22,50) = 0,6 \\ \mu_R(20,30) &= \mu_R(20,70) = 0,5 \\ \mu_R(20,50) &= 1 \end{aligned} \quad (2.14)$$

Desta maneira, pode ser elaborada a matriz de relação fuzzy, onde as colunas são as umidades, as linhas são as temperaturas consideradas e os valores são os graus com que as temperaturas e as umidades se relacionam.

$$R = \begin{pmatrix} 0,2 & 0,6 & 0,2 \\ 0,5 & 1 & 0,5 \\ 0,2 & 0,6 & 0,2 \end{pmatrix} \quad (2.15)$$

### 2.1.8. Relações de Implicação

Operações entre variáveis linguísticas são realizadas utilizando-se conectivos “e”, “ou” e “não”, os quais permitem composições lógicas entre os termos das variáveis linguísticas. Dessa forma, dado dois termos linguísticos  $a$  e  $b$ , as operações compostas “ $a$  e  $b$ ”, “ $a$  ou  $b$ ” e “ $\text{não } a$ ” são definidas:

- a) “**a e b**”  $\rightarrow \mu_{(a)}(x) \text{ e } \mu_{(b)}(x) = \min(\mu_{(a)}(x), \mu_{(b)}(x))$   
 b) “**a ou b**”  $\rightarrow \mu_{(a)}(x) \text{ ou } \mu_{(b)}(x) = \max(\mu_{(a)}(x), \mu_{(b)}(x))$   
 c) “**não a**”  $\rightarrow 1 - \mu_{(a)}(x)$

Considerando ainda os conjuntos fuzzy A e B, com funções de pertinência  $\mu_{(A)}(x)$  e  $\mu_{(B)}(y)$  em  $U \times V$ , respectivamente. Conforme Benini (2007), a implicação fuzzy entre os conjuntos A e B é um novo conjunto fuzzy C, tal que  $C = A \rightarrow B$ , o qual estabelece um tipo de relação fuzzy  $U \times V$ , definida mediante a função de pertinência  $\mu_{A \rightarrow B} : U \times V \rightarrow [0,1]$ , tal que a simplificação desta relação é expressa como em 2.16.

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \min \{ \mu_A(x), \mu_B(y) \} \quad (2.16)$$

#### 2.1.9. Composição de relações fuzzy

O processo para calcular a regra de composição é semelhante à usada para multiplicação de matrizes (ORTEGA, 2001). Sejam U e V dois universos de discurso quaisquer. O produto cartesiano de dois conjuntos fuzzy  $A \in U$  e  $B \in V$  é definido (BENINI apud FULLER, 1995) como em 2.17.

$$\mu_{A \times B}(x, y) = \min \{ \mu_A(x), \mu_B(y) \} \quad (2.17)$$

No geral os operadores mais utilizados são os que constituem a composição max-min e max-produto. Sejam U, V e W três universos de discurso. Seja R uma relação fuzzy em  $U \times V$  e S uma relação fuzzy em  $V \times W$ . A composição **max-min** das relações R e S, pode ser escrita como em 2.18. Já a composição **max-produto** das relações R e S é expressa como em 2.19 (BENINI, 2007).

$$\text{max-min: } \mu_{R \circ S}(x, z) = \max [\min(\mu_R(x, y), \mu_S(y, z))] \mid x \in U, y \in V, z \in W; \quad (2.18)$$

$$\text{max-produto: } \mu_Y(y) = \min [\max(\mu_R(x, y), \mu_S(y, z))] \mid x \in U, y \in V, z \in W; \quad (2.19)$$

## 2.2. Sistemas de Inferência Fuzzy (SIF)

Um sistema de inferência fuzzy é uma ferramenta computacional popular baseada nos conceitos da teoria dos conjuntos fuzzy (JANG, 1997). Um sistema que utiliza lógica nebulosa é composto por um conjunto de regras fuzzy através de proposições condicionais do tipo “**Se** (condição) **Então** (ação)”, baseando-se nas variáveis linguísticas para executar um processo de tomada de decisão (BENINI, 2007).

Segundo Ortega (2001), a regra fuzzy é uma unidade capaz de capturar algum conhecimento específico, e um conjunto de regras é capaz de descrever um sistema em todas as suas possibilidades. A inferência baseada em regras pode ser entendida como um funcional que mapeia um conjunto de entradas para um determinado conjunto de saídas.

Conforme já mencionado, cada regra fuzzy é composta por uma parte antecedente (premissa), parte “**Se**”, e uma parte conseqüente (conclusão), parte “**Então**”, tendo assim a seguinte estrutura:

$$\text{Se } \langle x \text{ é } A \rangle \text{ Então } \langle y \text{ é } B \rangle ,$$

sendo a proposição  $\langle x \text{ é } A \rangle$  o antecedente, e a proposição  $\langle y \text{ é } B \rangle$  o conseqüente. As proposições podem ainda ser estabelecidas através da composição de outras proposições, sendo denominadas proposições fuzzy compostas, utilizando o conectivo “**e**”, “**ou**” e “**não**”.

Conforme descrito em Benini (2007), considere  $x$  e  $y$  variáveis linguísticas nos universos do discurso  $U$  e  $V$ .  $A$  e  $B$  são conjuntos fuzzy, respectivamente em  $U$  e  $V$ .

- a) A composição obtida por “ $x$  é  $A$  e  $y$  é  $B$ ” é uma relação fuzzy  $A \cap B$  em  $U \times V$  definida por:

$$\mu_{A \cap B}(x, y) = t(\mu_A(x), \mu_B(y)) = \min(\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (2.20)$$

- b) A composição obtida por “ $x$  é  $A$  ou  $y$  é  $B$ ” é uma relação fuzzy  $A \cup B$  em  $U \times V$  definida por:

$$\mu_{A \cup B}(x, y) = s(\mu_A(x), \mu_B(y)) = \max(\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (2.21)$$

### 2.2.1. Processos de agregação fuzzy

A agregação refere-se ao processo de combinar diversos valores (numéricos ou não), em um único, de modo que o resultado final da agregação considere, de uma forma dada, todos os valores individuais agregados (GRABISCH, ORLOVSKI e YAGER, 1998).

Em uma base de regras fuzzy, quando mais de uma regra é acionada, as contribuições das várias regras após o processo de inferência são combinadas através do operador de agregação. Por exemplo, para os conjuntos fuzzy  $A_i \in U$  e  $B_i \in V$ , quando são apresentadas mais de duas regras, o raciocínio fuzzy é realizado considerando o conjunto  $m$  de regras na forma: Regra  $i = R_i$ : Se  $x$  é  $A_i$ , então  $y$  é  $B_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ .

Cada regra  $i$  é acionada por uma relação fuzzy diferente. Dessa forma, o conjunto de regras resulta numa relação fuzzy obtida pela agregação de todas as relações individuais.

Conforme Grabisc, Orlovski e Yager (1998), existem diversos tipos de operadores de agregação, sendo escolhidos de acordo com o critério desejado. Um exemplo para um operador de agregação é o operador união. Por exemplo, considerando  $B'_1, B'_2, \dots, B'_n$  os resultados derivados de diversas regras acionadas, relacionadas a uma mesma variável linguística. O resultado da implicação de todas as regras é dada pelo conjunto fuzzy  $B'$ .

$$B' = \bigcup_{i=1}^m (B'_i), \text{ onde } U \text{ representa o operador agregação.} \quad (2.22)$$

### 2.2.2. Modelos de agregação

Para a agregação de regras vários métodos podem ser utilizados. Os modelos fuzzy, em geral, podem ser agrupados em duas categorias que se diferem na sua capacidade de representar diferentes tipos de informação (ORTEGA, 2001).



a) Modelos linguísticos: Baseados em regras Se-Então. Neste tipo de modelo as quantidades estão associadas a termos linguísticos, sendo o modelo fuzzy uma expressão qualitativa do sistema.

b) Modelos TSK (Takagi-Sugeno-Kang): trata-se da combinação de conceitos fuzzy e não-fuzzy. Os modelos TSK são compostos por proposições condicionais cujos antecedentes são variáveis linguísticas e consequentes são funções (se aplica apenas funções monotônicas).

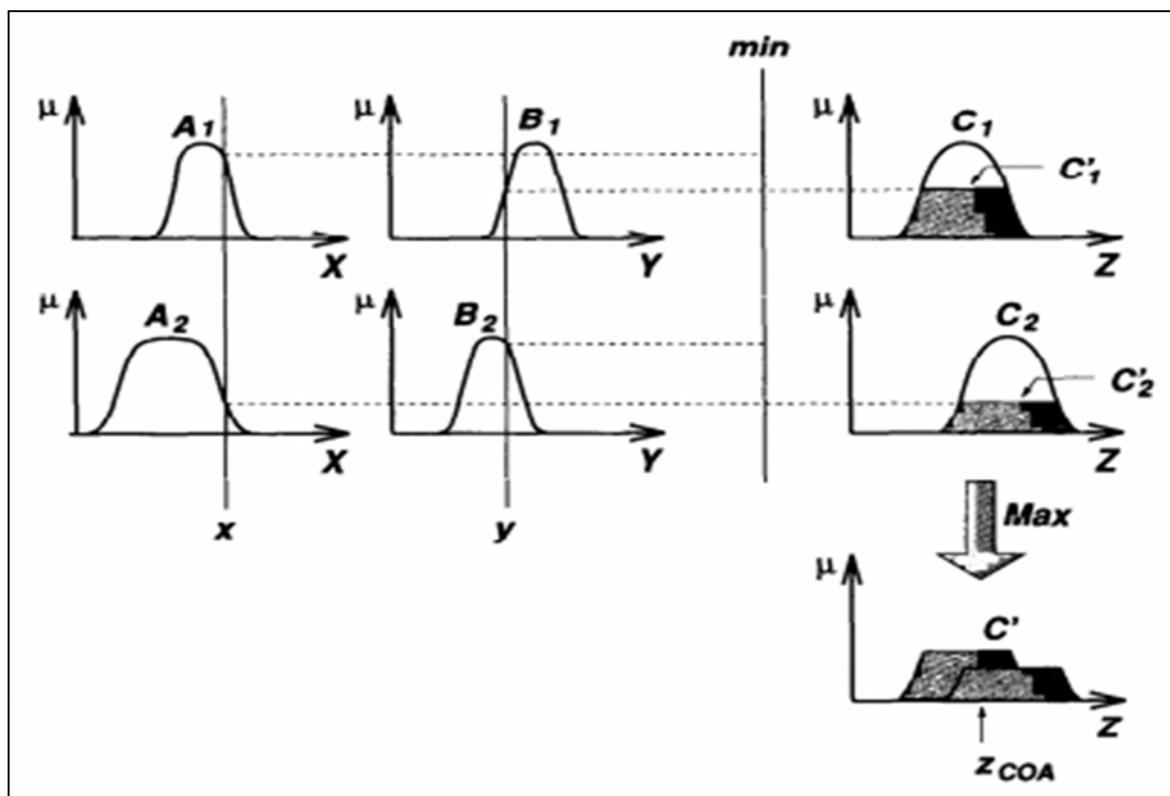
### 2.2.3. Modelo Mamdani

O modelo linguístico de Mamdani é um dos mais difundidos, representado em vários programas computacionais de SIF como o Fuzzy Logic Toolbox do MATLAB (MATLAB, 1998). O modelo utiliza conjuntos fuzzy tanto no antecedente (Se), como no consequente (Então) das regras fuzzy. Esta dissertação utiliza o modelo de Mamdani simplificado para inferência. O modelo foi escolhido, pois os consequentes das regras também devem ser expressos por termos linguísticos, conforme natureza do problema analisado. A definição do modelo Mamdani descrita em Benini (2007) é apresentada a seguir.

Sejam  $A$ ,  $A'$  e  $B$  conjuntos fuzzy em  $U$ ,  $U$  e  $V$  respectivamente. Supondo a implicação fuzzy  $A \rightarrow B$  expressa pela relação fuzzy  $R$  sobre  $U \times V$ , então o conjunto fuzzy  $B'$  induzido por “ $x$  é  $A$ ” e pela regra fuzzy “se  $x$  é  $A$  então  $y$  é  $B$ ” e sua função de pertinência é definida em 2.23. A figura 10 ilustra o mecanismo de inferência do modelo de Mamdani.

$$\begin{aligned}
 B' &= A' \circ R \\
 &= \mu_{A'}(x) \circ (\mu_R(x,y)) \\
 &= \max\{\min(\mu_{A'}(x), \mu_R(x,y))\}
 \end{aligned}
 \tag{2.23}$$

Figura 10 - Inferência fuzzy de Mamdani



Fonte: JANG, 1997.

#### 2.2.4. Inferência Fuzzy

Sejam  $A'$  e  $B'$  conjuntos nebulosos em  $X$  e  $Y$ , respectivamente. De acordo com Delgado (2002), utilizando-se a regra composicional de inferência, é possível definir um procedimento para se obter uma conclusão nebulosa  $B'$  a partir de regras e de um fato  $A'$ , sendo necessária a definição da relação  $R$  que representa a base de regras nebulosas.

Considere uma base de regras representada pela relação fuzzy  $R$  definida em  $X \times Y$ . O conjunto fuzzy  $B'$ , induzido pelo fato  $X$  é  $A'$  e pela relação  $R$  é dado por:

fato:  $X$  é  $A'$

regra:  $R$

conclusão:  $Y$  é  $B' = A' \circ R$

O processo de inferência fuzzy acima, em geral é baseado na regra *modus ponens* da lógica clássica, sendo aqui chamada de *modus ponens generalizada*.

Como um exemplo da regra *modus ponens*, dado um fato observável (*densidade é muito alta*) e uma base de regras (*se densidade é alta então solo é compactado*), um conjunto fuzzy induzido pelo fato e pela regra, é dado por:

fato: *densidade é muito alta*

regra: *se densidade é alta então solo é compactado*

conclusão: *solo é muito compactado*

Conforme descrito em Rapello (2009), a aplicação da regra *modus ponens generalizada* para o caso de várias regras é feita por intermédio de um cálculo que começa com a determinação do grau de aderência  $\alpha$  que as entradas possuem com cada uma das regras. Essa aderência atenua ou não (dependendo do seu valor) a influência do conseqüente de cada regra com o resultado que, por sua vez, é uma combinação de todos os conseqüentes de todas as regras. A seguir um pseudocódigo baseado no modelo de Mamdani simplificado que apresenta detalhadamente cada passo desse cálculo para um sistema de inferência com duas entradas (RAPELLO, 2009).

INICIO

somatorioCentroide = 0

somatorioArea = 0

centroideRegra = 0

areaRegra = 0

SELECIONAR as Regras QUANDO Sistema = escolhido pelo usuário

PARA cada Regra FAZER

    centroideRegra = 0, areaRegra = 0;

    Obter o 1º Termo da Regra

    mi1 = Avaliar o mi do 1º Termo

    Obter o 2º Termo da Regra

    mi2 = Avaliar o mi do 2º Termo

    Obter menorMi entre 1 e 2

    SE menorMi > 0 ENTÃO

```

Obter termoConsequente Atenuado da Regra
CalcularCentróideRegra(termoConsequente,centroideRegra, areaRegra)
somatorioCentroide=somatorioCentroide+(centroideRegra*areaRegra)
somatorioArea = somatorioArea + areaRegra;

```

FIM SE

LOOP

ValorFinal = somatorioCentroide / somatorioArea;

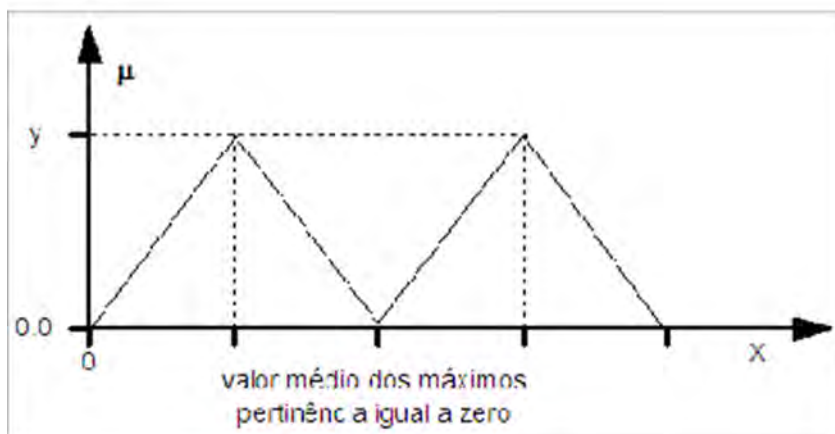
FIM INFERÊNCIA

### 2.2.5. Defuzificação

O processo de defuzificação consiste em converter dados fuzificados resultantes do processo de agregação em valores numéricos precisos, utilizando vários métodos para encontrar a saída para o sistema. O procedimento consiste em identificar o domínio das variáveis de saída em um universo de discurso correspondente. Com a ação de controle nebulosa inferida chega-se a uma ação de controle não nebulosa. (SANDRI e CORREA, 1999). Os principais métodos de defuzificação são: método da média dos máximos, método do centro da área (centroide), método das alturas.

- a) Método da média dos máximos: calcula a média de todos os valores de saída que tenham os maiores graus de pertinências. Embora eficaz para alguns casos, o método pode gerar inconsistências para casos como apresentado na figura 11, onde teríamos como resultado um valor onde a função de pertinência é zero.

Figura 11 - Inconsistência gerada utilizando método média dos máximos



Fonte: RAPELLO, 2009

b) Método Centróide: utiliza o mesmo conceito da física para cálculo do centro de gravidade, considerando a função de pertinência  $\mu(x)$  como a densidade da massa  $x$ . Dessa forma, o valor de saída é aquele que divide ao meio a função pertinência gerada pela combinação das regras (BERNINI, 2007). O método pode ser interpretado ainda como uma média ponderada, onde  $\mu(x)$  age como o peso do valor  $x$ . Se  $x$  é discreto, então a defuzzificação é dada em 2.24.

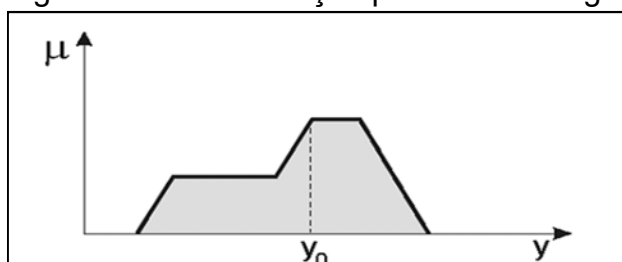
$$y_0 = \frac{\sum_x \mu A(x) \cdot x}{\sum_x \mu A(x)} \quad (2.24)$$

Se  $x$  é contínuo, então a defuzzificação é dada por 2.25.

$$y_0 = \frac{\int \mu A(x) x dx}{\int \mu A(x) dx} \quad (2.25)$$

A figura 12 exemplifica o método de centróide. Embora seja um dos métodos mais utilizados devido a sua aplicabilidade em diversos problemas, o método requer bastante custo computacional em seus cálculos, principalmente nos casos de  $x$  ser discreto.

Figura 12 - Defuzificação pelo centro de gravidade



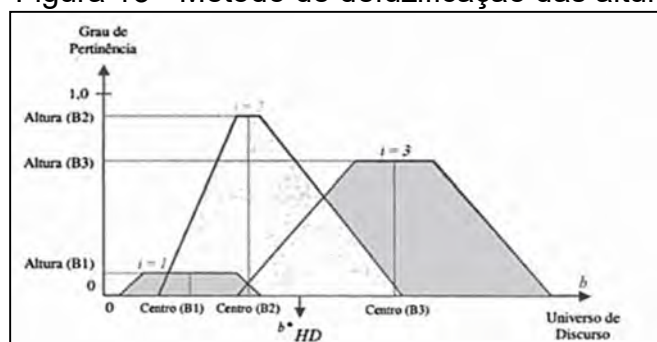
Fonte: ORTEGA, 2001.

c) Método das alturas: é uma aproximação do método centroide. É realizado em duas etapas. Primeiro o valor de saída é computado calculando-se o somatório dos produtos dos valores de pico de cada conjunto fuzzy de saída ativado, com os respectivos valores onde foram “cortados” (alturas). Depois, o resultado deste somatório é dividido pelo somatório dos conjuntos “cortados” (WEBER e KLEIN, 2003). A função de defuzificação para o método das alturas é definida por:

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^m w_i c_i}{\sum_{i=1}^m w_i} \quad , \quad (2.26)$$

onde  $w_i$  é o dof (que denota o grau de ativação da regra) da  $i$ -ésima regra e  $m$  é o número de regras fuzzy do modelo. Uma vez definidas as regras, os valores  $c_i$  estarão determinados e se manterão fiéis durante toda a inferência, simplificando o cálculo do valor clássico representativo, o que reduz o custo computacional (ORTEGA, 2001).

Figura 13 - Método de defuzificação das alturas

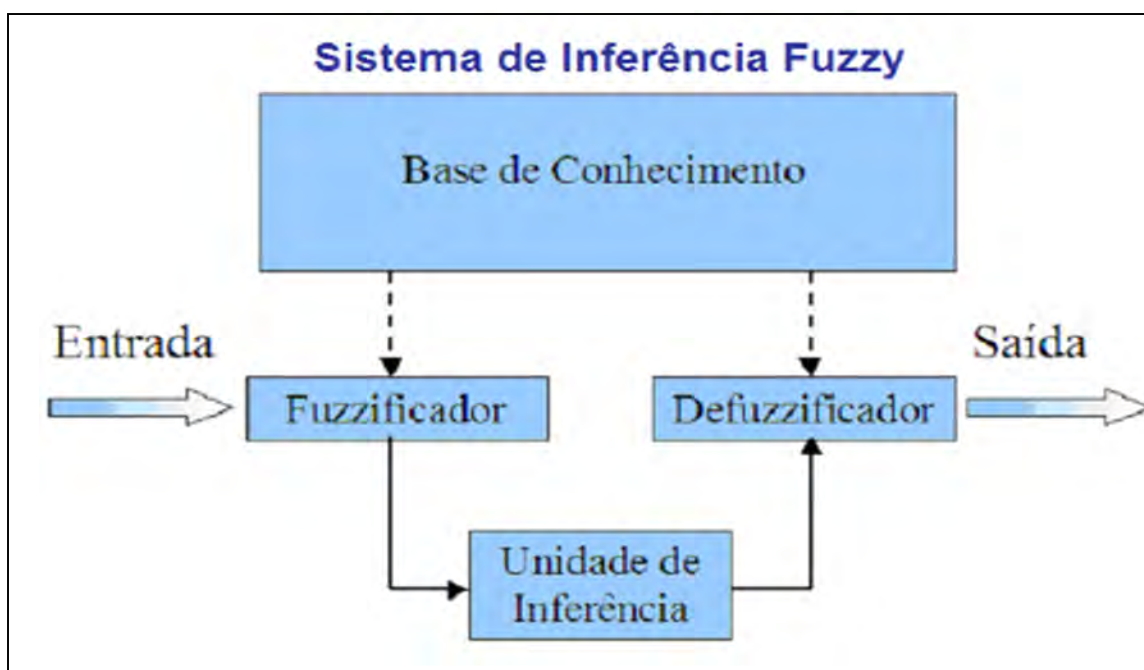


Fonte: WEBER e KLEIN, 2003.

### 2.3. Estrutura de um SIF

A estrutura de um sistema fuzzy consiste de pelo menos três componentes básicos: uma base de regras que contém o conjunto de regras relativas ao sistema em questão; uma base de dados onde estão armazenadas as variáveis linguísticas e suas definições; e um mecanismo de inferência que realiza o processo de inferência do sistema (JANG, 1997). Além destes se faz necessário à utilização de um fuzzificador e um defuzzificador. A figura 14 apresenta a estrutura básica de um SIF.

Figura 14 – Representação modular de um Sistema de Inferência Nebuloso



Fonte: Rapelo, 2009.

#### 2.3.1. Fuzzificador

Traduz a informação da entrada em conjuntos fuzzy. A cada variável de entrada são atribuídos termos linguísticos que são os estados da variável, e cada termo linguístico está associado a um conjunto fuzzy traduzido por uma função de pertinência (BERNINI, 2007).

### 2.3.2. Base de conhecimento

A base de conhecimento reúne a base de regras mais a base de dados. A base de regras contém uma coleção de regras Se-Então agregadas por operações de disjunção ou conjunção que representam o conhecimento sobre o universo em questão. Já a base de dados armazenam as variáveis linguísticas e as definições de seus respectivos universos de discurso e funções de pertinência (JANG, 1997). Devem existir quantas regras forem necessárias a fim de que seja possível mapear totalmente as combinações dos termos das variáveis, tornando-a completa de forma que para qualquer entrada sempre exista pelo menos uma regra a ser disparada (RAPELLO, 2009).

### 2.3.3. Unidade de inferência

Uma forma de raciocínio fuzzy é utilizada a partir das regras Se-Então para se alcançar uma saída fuzzy. O método de agregação, explicado anteriormente neste capítulo, é um exemplo de um tipo de raciocínio fuzzy.

### 2.3.4. Defuzificador

Responsável por traduzir uma saída fuzzy em um dado determinístico. Existem alguns métodos para defuzificação, tais como, método da média dos máximos, centroide e método das alturas, explicados anteriormente neste capítulo.



### 3. ORG-MATURITY-TOOL: SISTEMA DE INFERÊNCIA FUZZY PARA APOIO A GESTÃO POR PROCESSOS

Este capítulo apresenta a modelagem e especificação da OrgMaturity-Tool, uma ferramenta computacional que utiliza lógica *fuzzy* para realizar a avaliação da maturidade de uma organização, em relação à gestão por processos de negócios. Essa nova forma de gestão envolve mudanças profundas na organização, fazendo-se necessário acompanhar de perto os esforços aplicados nesse trabalho. A avaliação *fuzzy*, além de proporcionar flexibilidade no diagnóstico do grau de maturidade, propõe a criação do Índice de Transformação Organizacional. Esse índice expressa uma medida relativa à evolução da empresa na incorporação da gestão de processos de negócios. O ITO é fruto da combinação dos resultados fuzzy de cada critério de maturidade sugerido no modelo PEMM além de critérios adicionais a serem considerados quando se realiza uma análise voltada para a gestão por processos.

A importância desse trabalho é fornecer uma solução computacional que permita profissionais da administração realizar uma avaliação global da maturidade da organização de forma simples e eficaz, indicando os resultados alcançados com os investimentos e esforços na implantação desse novo modelo de gestão. As seções a seguir descrevem a especificação e mostram detalhadamente a modelagem *fuzzy* para cada SIF que compõe a OrgMaturity-Tool.

#### 3.1. Visão Geral

Com o auxílio de um especialista em gestão por processos, alguns critérios considerados preponderantes na análise da maturidade de uma organização foram elencados e modelados utilizando a lógica *fuzzy* como solução para o problema, obtendo como fruto a OrgMaturity-Tool. O modelo de avaliação PEMM (HAMMER, 2007) foi escolhido como base dessa proposta, em virtude da sua simplicidade de utilização, o que facilita seu uso em qualquer organização. Além disso, o PEMM analisa a avaliação da maturidade de uma forma abrangente, tratando

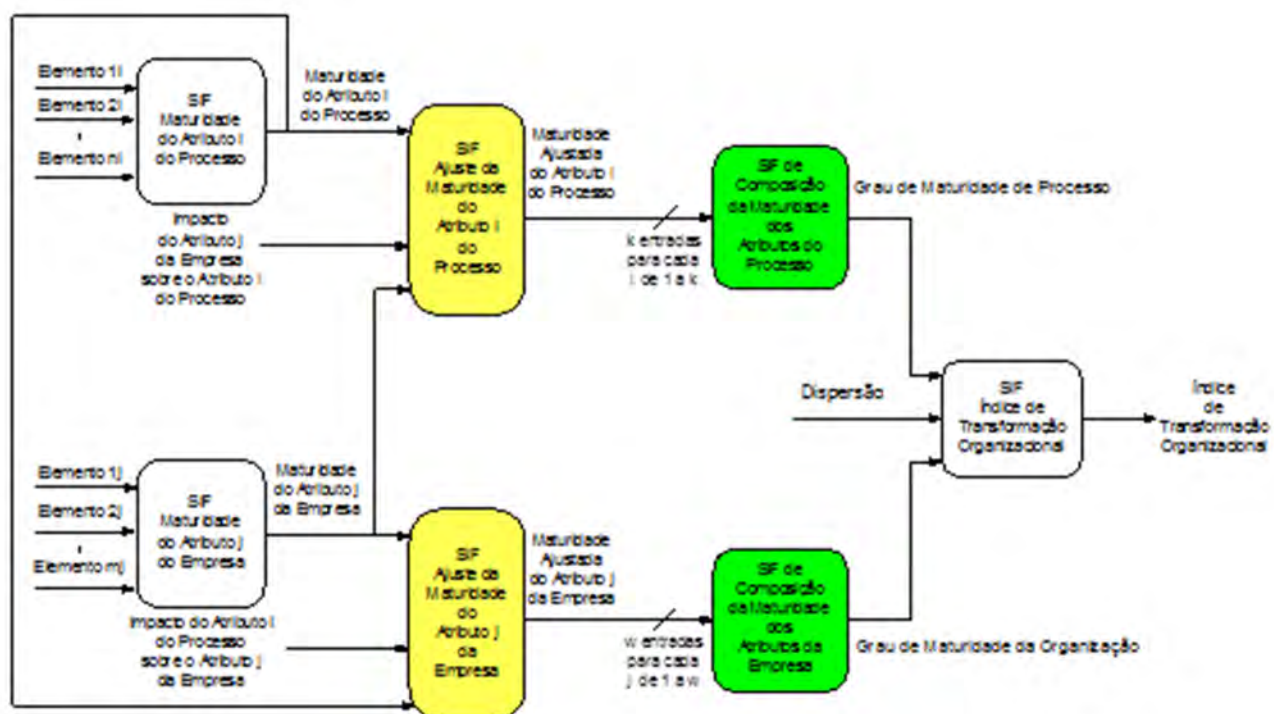
separadamente a maturidade de processos, relacionada ao operacional e a maturidade da organização, relacionada à visão da empresa sobre processos. Dessa forma, os facilitadores de processo (Desenho, Executores, Dono, Infraestrutura e Métrica) e capacidades organizacionais (Liderança, Cultura, Especialidade e Governança), descritos no modelo de avaliação PEMM, foram considerados nessa proposta como atributos necessários para a obtenção de maturidade em uma organização permitindo obter o ITO.

As sentenças indicadas no anexo A e B, propostas por Hammer (2007), indicam quanto um atributo de maturidade está incorporado à organização, ou seja, quão forte é a presença do atributo na empresa. Portanto, essas sentenças também são usadas como meio de apuração dos atributos de maturidade.

A solução propõe ainda, a utilização da lógica *fuzzy* para tratar da dinâmica e dos aspectos incertos que envolvem o tema gestão por processos. Ela é composta de diversos Sistemas de Inferência *Fuzzy* (SIF) os quais irão deduzir de forma cooperativa e hierárquica o Índice de Transformação Organizacional (ITO) de uma empresa sob análise. Esse índice contribui na identificação do estado global da organização em relação à gestão por processos. Cada critério de maturidade, bem como, a sinergia desses atributos na organização foram fuzificados e lançados como entradas na ferramenta fuzzy. A figura 15 apresenta um esboço do funcionamento da ferramenta e relação entre os SIF's que a compõe.

Algumas melhorias em relação ao modelo PEMM foram incorporadas a OrgMaturity-Tool. No modelo PEMM cada atributo de maturidade (facilitador ou capacidade) é analisado de maneira independente. Além disso, o PEMM propõe uma arquitetura em níveis o que implica que todos os fatores têm que estar em um mesmo nível. O ITO vem de encontro a essas necessidades, visto que, na OrgMaturity-Tool cada critério de maturidade contribui com seu valor no processo de avaliação. Isso proporcionou um índice que é composto pela contribuição de cada critério, indicando a maturidade da organização como um todo. Além disso, durante o processo de avaliação é possível indicar se um elemento de atributo de maturidade é imprescindível ou não para a evolução da gestão por processos naquele tipo de negócio. Isso torna a avaliação mais flexível permitindo considerar apenas os aspectos primordiais ao negócio. Cada empresa é única, e enquanto as práticas para um nível de maturidade pode fazer sentido em uma organização, elas não vão fazer sentido em outra (POWER, 2007).

Figura 15 – Esquema de inferência OrgMaturity-Tool



Fonte: O autor, 2013

### 3.2. Atores

O processo de avaliação pode ser realizado por apenas um avaliador ou um grupo de avaliadores. Um gerente que deseja analisar o quanto sua equipe está madura diante de uma estrutura de processo, poderia realizar uma avaliação considerando sua área de gestão apenas. Já no caso de uma avaliação geral da organização um grupo de gestores poderia realizar a análise em conjunto, chegando a um senso comum quanto as suas opiniões.

### 3.3. Construção da OrgMaturity

A ferramenta OrgMaturity foi desenvolvida em Java de acordo com a prática de programação em camadas, baseada na arquitetura *Model, View, Controller*

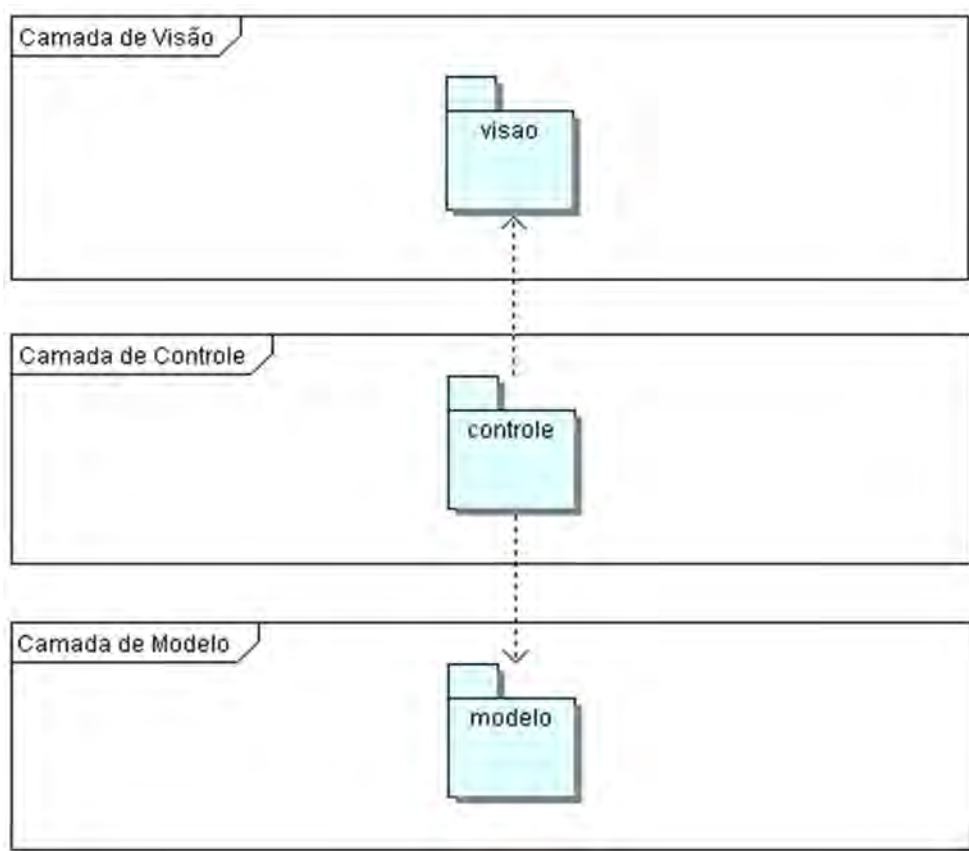
(MVC), a qual favorece a manutenção de código e permite um projeto melhor estruturado, pois há menos entrelaçamento de código entre as classes do programa.

Embora a OrgMaturity-Tool utilize dados armazenados em uma planilha excel, a codificação Java foi implementada de forma totalmente flexível para integração com banco de dados mais robustos, tais como Mysql. A escolha pela planilha excel para armazenamento das informações se deu apenas por se tratar de um protótipo inicial, simplificando assim a arquitetura envolvida.

A figura 16 exibe o diagrama de execução da OrgMaturity-Tool na qual se podem observar as várias camadas do programa representadas cada uma por um fragmento. Os fragmentos da OrgMaturity-Tool exibidos pela figura 16, caracterizadores de cada camada da sua implementação, contêm todos os seus pacotes, a saber:

- **Pacote visão** → contém a implementação da classe responsável por interagir com o usuário da OrgMaturity-Tool através de janela e eventos percebidos nos objetos de tela;
- **Pacote controle** → contém a implementação da classe responsável pela interação entre as várias camadas, tendo a tarefa de disparar toda a funcionalidade da OrgMaturity-Tool;
- **Pacote modelo** → contém a implementação das classes cujos objetos são responsáveis por manter em memória os dados de cada registro de cada entidade do arquivo do Excel (*OrgMaturityTool.xlsx*) utilizado pela OrgMaturity-Tool, tratando-se de uma memória auxiliar para receber e processar os dados que vêm desse arquivo. Este pacote também possui as classes que processam os sistemas de inferência *fuzzy* as quais fazem uso de outro arquivo do Excel (*Inebulosa.xlsx*) com a especificação de todos esses sistemas *fuzzy* usados pela OrgMaturity-Tool.

Figura 16 – Arquitetura da OrgMaturity-Tool



Fonte: O autor, 2013.

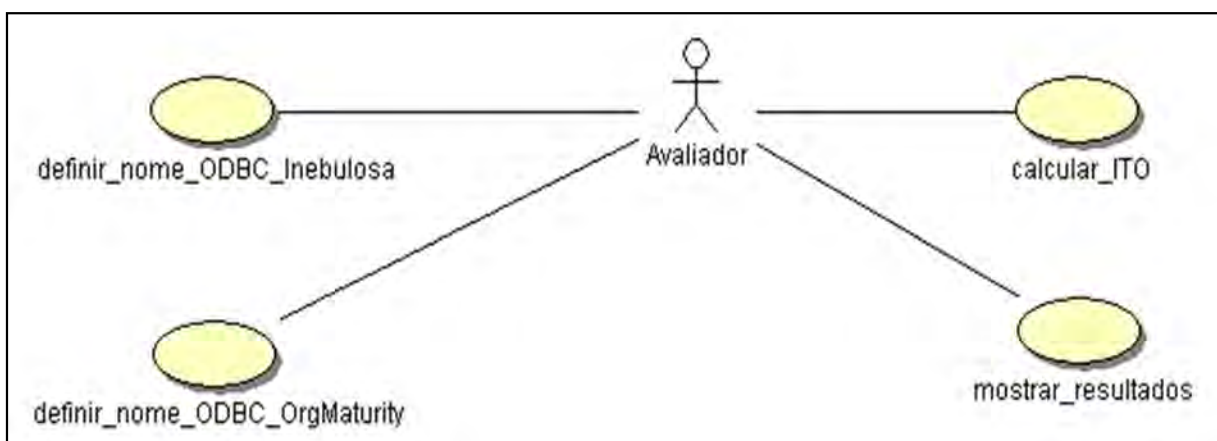
A seguir, é apresentado o modelo de casos de uso que expõe as funcionalidades da OrgMaturity-Tool que possui basicamente uma grande tarefa, ou seja, calcular o Índice de Transformação Organizacional (ITO). A figura 17 apresenta o diagrama de casos de uso com toda a funcionalidade da OrgMaturity-Tool. Nesta figura, os seguintes casos de uso são observados:

- **definir\_nome\_ODBC\_Inebulosa** → com essa funcionalidade, o usuário Avaliador pode especificar o nome da fonte de dados da interface ODBC que é usada pelo programa para acessar as tabelas do arquivo do Excel *Inebulosa.xlsx* o qual contém toda a descrição dos sistemas de inferência *fuzzy* processados pela OrgMaturity-Tool;
- **definir\_nome\_ODBC\_OrgMaturity** → com essa funcionalidade, o usuário Avaliador pode especificar o nome da fonte de dados da

interface ODBC para acessar as tabelas do arquivo do Excel *OrgMaturityTool.xlsm* o qual contém os dados da avaliação a serem processados pela OrgMaturity-Tool;

- **calcular\_ITO** → com essa funcionalidade, o usuário Avaliador aciona o processamento das informações preenchidas no arquivo do Excel *OrgMaturityTool.xlsm* para calcular o Índice de Transformação Organizacional;
- **mostrar\_resultados** → com essa funcionalidade, o usuário Avaliador consulta o resultado do processamento feito pela OrgMaturity-Tool para calcular o Índice de Transformação Organizacional.

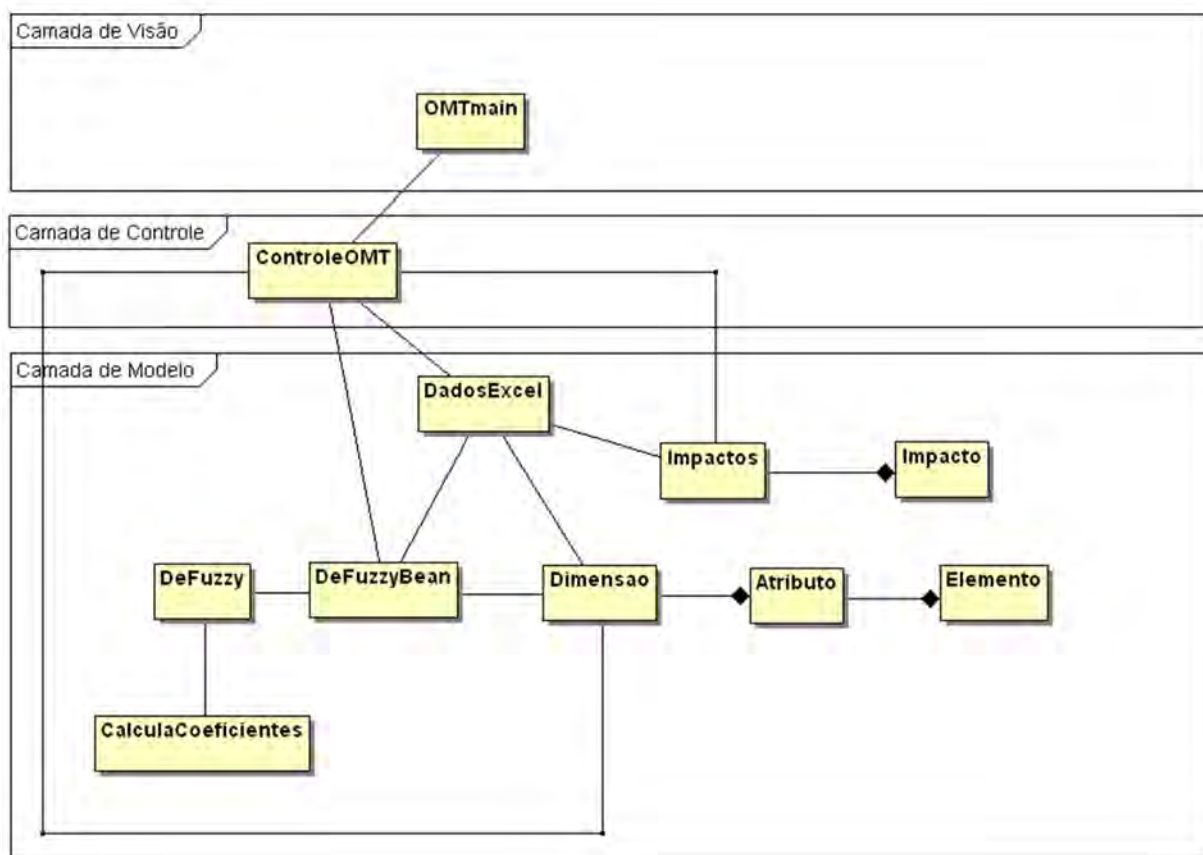
Figura 17 – Diagrama de Casos de Uso da OrgMaturity-Tool



Fonte: O autor, 2013.

A figura 18 mostra o modelo de classes da OrgMaturity-Tool as quais se encontram organizadas dentro de suas camadas. Observa-se inicialmente a camada de visão com a classe **OMTmain** que é responsável pela exibição e manipulação da janela da ferramenta. Já na camada de controle, nota-se a classe **ControleOMT**, responsável pela coordenação da execução das funcionalidades da OrgMaturity-Tool. É a classe que contém o método *void calcularITO(...)* que processa a principal funcionalidade da ferramenta.

Figura 18 – Modelo de Classes da OrgMaturity-Tool.



Fonte: O autor, 2013.

Prosseguindo com a observação da figura 18, na camada de modelo existe um total de nove classes. O apêndice C apresenta todas essas classes com a sua especificação completa, ou seja, com a exibição de todos os seus atributos e métodos. Cada classe possui sua responsabilidade:

- **Classe DadosExcel** → faz a leitura e a gravação das informações nos arquivos do Excel *OrgMaturityTool.xlsm* e *Inebulosa.xlsx*, sendo que no caso desse último é feita apenas leitura, uma vez que os resultados do processamento do cálculo do ITO ficam gravado apenas no arquivo *OrgMaturityTool.xlsm*;
- **Classe Dimensao** → possui a definição das informações de uma dimensão que pode ser o processo ou a organização. Ela possui também os métodos para manipular esses seus dados, como, por exemplo, o método *void calcularMaturidadeAtributos ()* que calcula a maturidade de todos os atributos que compõem a dimensão;

- **Classe Atributo** → possui a definição das informações de um atributo que pode ser desenho, executores dentre outros. Ela possui também os métodos para manipular esses seus dados, como, por exemplo, o método *void inferirMaturidade ()* que calcula a maturidade do atributo em questão, executando para tanto, um sistema de inferência *fuzzy*. Destaca-se que a classe **Dimensao** agrega objetos da classe **Atributo**, pois as dimensões são compostas de vários atributos;
- **Classe Elemento** → possui a definição das informações de um elemento que pode ser propósito, contexto dentre outros. Ela possui também os métodos para manipular esses seus dados, como, por exemplo, o método *int getGrau\_de\_presenca()* que retorna o valor do grau de presença do elemento em questão. Destaca-se que a classe **Atributo** agrega objetos da classe **Elemento**, pois os atributos são compostos de vários elementos;
- **Classe Impacto** → possui a definição dos dados necessários para manipular a informação do impacto que um atributo exerce sobre outro, a saber: atributo impactador, atributo impactado e valor do impacto. Tal classe possui também os métodos de leitura e gravação de valores nesses seus dados;
- **Classe Impactos** → possui a definição de um vetor de objetos impactos para armazenar todas as influências de um atributo sobre os demais. Esta classe possui também dados para proceder com o cálculo da sinergia, além de todos os métodos de leitura e gravação de valores em tais dados;
- **Classe DeFuzzyBean** → possui a definição do objeto da entidade *defuzzy* de inferência *fuzzy* para processar qualquer um dos SIF's. Tal classe possui também os métodos para carregar os valores das variáveis linguísticas, seus respectivos códigos e código do SIF a ser executado. Possui ainda um método para consultar o valor inferido pela execução do SIF em questão;
- **Classe DeFuzzy** → faz a inferência *fuzzy*, utilizando o método de



*defuzificação* da média aritmética ponderada dos centroides pela área. A implementação dessa *defuzificação* encontra-se em dois métodos desta classe (*double percorrerRegras\_2\_entradas()* e *double percorrerRegras\_3\_entradas()*), um para trabalhar com duas variáveis linguísticas de entrada e outro que processa três variáveis de entrada;

- **Classe CalculaCoeficientes** → faz o cálculo dos coeficientes angular e linear das equações dos segmentos de reta das funções de pertinência dos termos das variáveis linguísticas dos sistemas de inferência fuzzy. A função de pertinência de todos os termos de todas as variáveis linguísticas são implementadas com segmentos de reta (função triangular ou trapezoidal).

- 

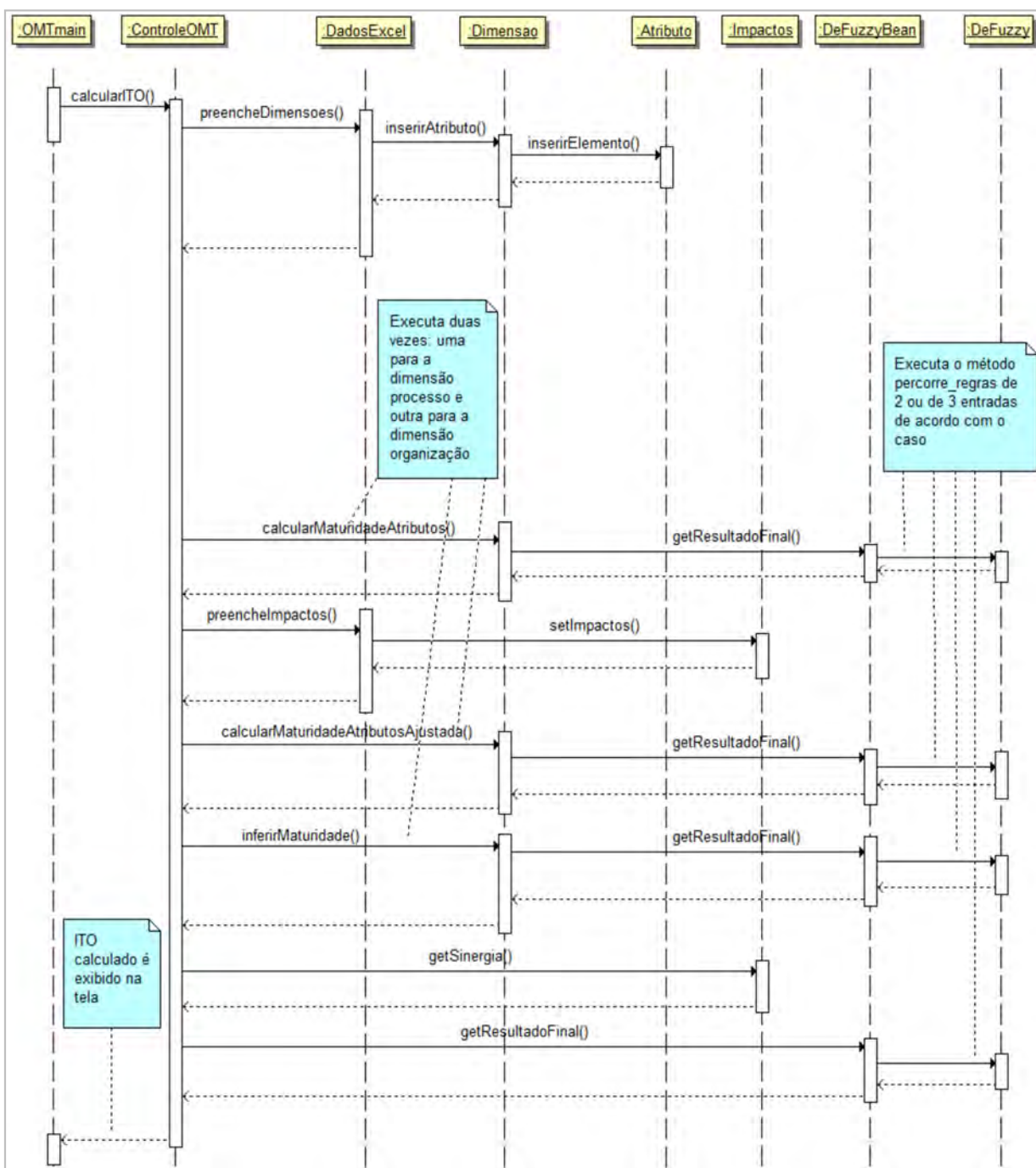
A figura 19 exibe o diagrama de sequência do principal caso de uso da OrgMaturity-Tool, isto é, calcular\_ITO. Objetos de todas as classes estão envolvidos nesse cálculo, embora tenham sido omitidos na figura os objetos das classes **Elemento** e **CalculaCoeficientes** para facilitar a compreensão do diagrama.

Os objetos da classe **Elemento** interagem com os objetos da classe **Atributo** na ocasião do preenchimento dos objetos da classe **Dimensao**. Já os objetos da classe **CalculaCoeficientes** são usados pela classe **DeFuzzy** durante a execução de algum SIF para calcular os coeficientes angular e linear dos segmentos de reta das funções de pertinência dos conjuntos *fuzzy*. A figura 19 mostra a sequência processada para computar o Índice de Transformação Organizacional (ITO) a qual segue a ordem:

- (1) Preenchimento dos objetos dimensão (processo e organização);
- (2) Cálculo as maturidades de todos os atributos das duas dimensões;
- (3) Preenchimento dos valores dos impactos;
- (4) Cálculo as maturidades ajustadas pelos impactos de todos os atributos das duas dimensões;
- (5) Inferência das maturidades compostas pelas maturidades de cada atributo das duas dimensões.

(6) Inferência final do valor do ITO, considerando também a sinergia que é computada no passo 3 (preenchimento dos impactos), já que a ela trata-se de um cálculo da dispersão dos impactos.

Figura 19 – Diagrama de Sequência da OrgMaturity-Tool



Fonte: O autor, 2013.

As etapas de avaliação da maturidade organizacional da proposta em questão são descritas nas seções a seguir.

### **3.4. Etapas do modelo fuzzy para avaliação da maturidade organizacional**

O processo de avaliação pode ser descrito em etapas, nas quais os insumos apurados são utilizados nas etapas seguintes de avaliação. As subseções a seguir descrevem cada etapa do processo.

#### **3.4.1. Apuração da presença dos critérios de maturidade na organização**

Inicialmente, o avaliador deve julgar as proposições mencionadas no modelo de avaliação PEMM, anexos A e B, como forma de apurar a presença dos elementos de maturidade em uma organização. Cada proposição está relacionada a um elemento que compõe um atributo de maturidade e deverá receber um valor em uma escala de 0 a 10. Esse valor representa o grau de maturidade da organização em relação ao cenário exposto na sentença: zero indica que a organização está totalmente imatura em relação ao cenário apresentado e dez indica que está totalmente madura. Os valores apurados para cada elemento são totalizados tendo como resultado um número de 0 a 40, o qual indica o grau de presença do elemento de maturidade que compõe o atributo. Cada elemento analisado resulta em uma entrada nos sistemas de inferência SIF Proc e SIF Org que são subsistemas da ferramenta.

As proposições, oriundas de Hammer (2007), a serem avaliadas estão descritas nos anexos A e B com os elementos referentes à maturidade de processos (facilitadores de processo) e à maturidade organizacional (capacidades organizacionais). As proposições são respondidas pelo avaliador através da planilha OrgMaturityTool.xlsm, que será mais bem explicada no capítulo 4..

### 3.4.1.1. Regras de Negócio – Avaliação de sentenças

As proposições relativas a um atributo representam cenários evolutivos no trâmite de transformação para uma gestão por processos. Cada cenário representa um marco dentro desse percurso. Portanto, não faz sentido um avaliador julgar que sua organização está madura em um cenário mais avançado, sendo que, no cenário anterior ainda não atingiu maturidade suficiente para passar para próxima etapa. Para evitar avaliações inconsistentes a ferramenta exibirá nesses casos um alerta ao usuário orientando para que passe para o elemento seguinte, visto que ainda possui uma maturidade muito baixa naquele elemento. O quadro 5 apresenta as restrições implementadas na ferramenta para esses casos.

Quadro 5 – Restrições para avaliação OrgMaturity-Tool.

<b>Título</b>	<b>Descrição</b>
Orientação de Inconsistência 1	O sistema deve restringir as opções para atribuição de valores de maturidade dos cenários seguintes, para o intervalo [0,5], caso o cenário em avaliação receba uma atribuição menor que 9.
Orientação de Inconsistência 2	O sistema deve desabilitar os cenários seguintes de um elemento para avaliação, caso o cenário em avaliação receba uma atribuição menor que 6.

Fonte: O autor, 2013.

### 3.4.2. Escolha dos elementos relevantes

Na escolha dos critérios relevantes, diferente do modelo PEMM, alguns elementos de maturidade de processo podem ser indicados como não relevante. Conforme dito anteriormente, essa flexibilização está fundamentada no fato que, alguns elementos podem não ser tão imprescindíveis de acordo com o tipo de negócio da organização. Se um elemento é indicado como não relevante, o mesmo não influencia na avaliação realizada pelo SIF Proc e SIF Org. Isso contribui para que uma empresa madura não seja penalizada em sua avaliação em virtude de baixa

maturidade em um elemento irrelevante para seu tipo de negócio. A indicação da não relevância do elemento é indicada na planilha Excel OrgMaturityTool.xlsm.

Apenas alguns elementos podem ser indicados como não imprescindíveis. A análise dos elementos para fins de relevância foi realizada por um especialista em gestão por processos. Os demais elementos que são essenciais e necessitam ser considerados, independentes do tipo de negócio da organização, já estão selecionados como relevantes e não há opção para marcação da não relevância. O quadro 6 apresenta os elementos que podem ser desconsiderados

Quadro 6 – Elementos que podem ser desconsiderados na Avaliação

Título	Descrição
Elementos que podem ser não relevantes Processo	Documentação, Comportamento, Definição.
Elementos que podem ser não relevantes Organização	Estilo, Comprometimento, Pessoas, Modelo de Processo.

Fonte: O autor, 2013.

### 3.4.3. SIF Maturidade de Processo (SIF Proc) e SIF Maturidade da Organização (SIF Org)

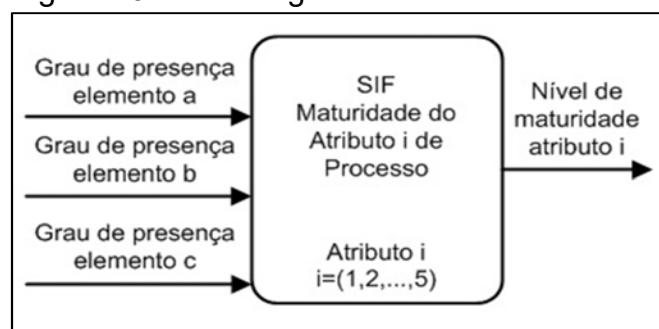
O cálculo do grau de maturidade de cada atributo de processo é realizado através do SIF Proc. Conforme descrito no modelo PEMM, cada atributo é quebrado em elementos a fim de refinar a análise. Dessa forma, o SIF Proc recebe como entrada as variáveis linguísticas **grau de presença do elemento**, para cada elemento considerado. Essa variável indica o grau de presença do elemento de maturidade de processo em questão. As entradas para o SIF Proc são providas pela planilha OrgMaturityTool.xlsm, após ser preenchida pelo usuário. A saída do SIF Proc é representada pela variável linguística **nível de maturidade** que indica o nível de maturidade do atributo avaliado. Tal SIF é executado 5 vezes para cada um dos 5 atributos de processo ( $i = 1, 2, \dots, 5$ ). O quadro 7 apresenta todos os elementos constituintes para cada atributo de maturidade de processo a serem utilizados como entrada no SIF Proc, de acordo com o modelo fuzzy proposto e a figura 20 apresenta um esboço do funcionamento do SIF Proc com suas entradas e saída.

Quadro 7 – Variáveis linguísticas de entrada SIF Proc

Atributo	Variável Linguística	Intervalo de atuação	Termo
DESENHO (i = 1)	Propósito	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
	Contexto	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
	Documentação	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
EXECUTORES (i = 2)	Conhecimento	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
	Habilidades	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
	Comportamento	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
DONO (i = 3)	Identidade	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
	Atividade	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
	Autoridade	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
INFRAESTRUTURA (i = 4)	Sistema de Informação	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
	Atividade	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
MÉTRICAS (i = 5)	Definição	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
	Utilização	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente

Fonte: O autor, 2013.

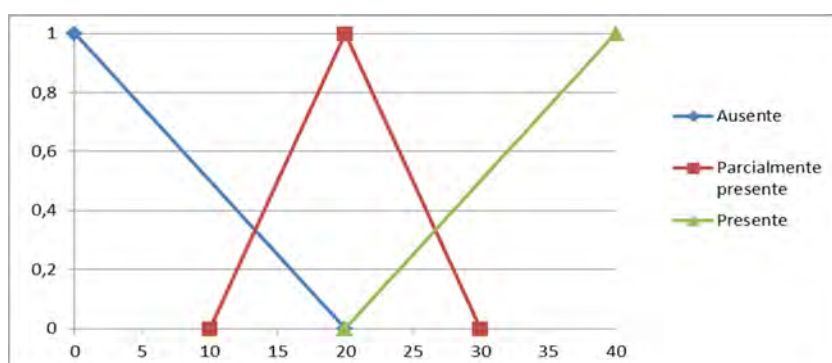
Figura 20 – Modelagem SIF Proc.



Fonte: O autor, 2013.

a) **Grau de presença do elemento:** variável linguística definida com universo do discurso de 0 a 40, tendo pertinência de 0 a 1. Os termos da variável linguística são Ausente, Parcialmente Presente, Presente. Para cada atributo de maturidade de processo, o SIF é executado e sua saída encaminhada para processamento do próximo SIF. A função de pertinência para cada variável linguística de entrada do SIF Proc é igual para todos os atributos de maturidade de processo e a figura 21 define essa função.

Figura 21 – Função de pertinência Grau de presença do elemento.



Fonte: O autor, 2013.

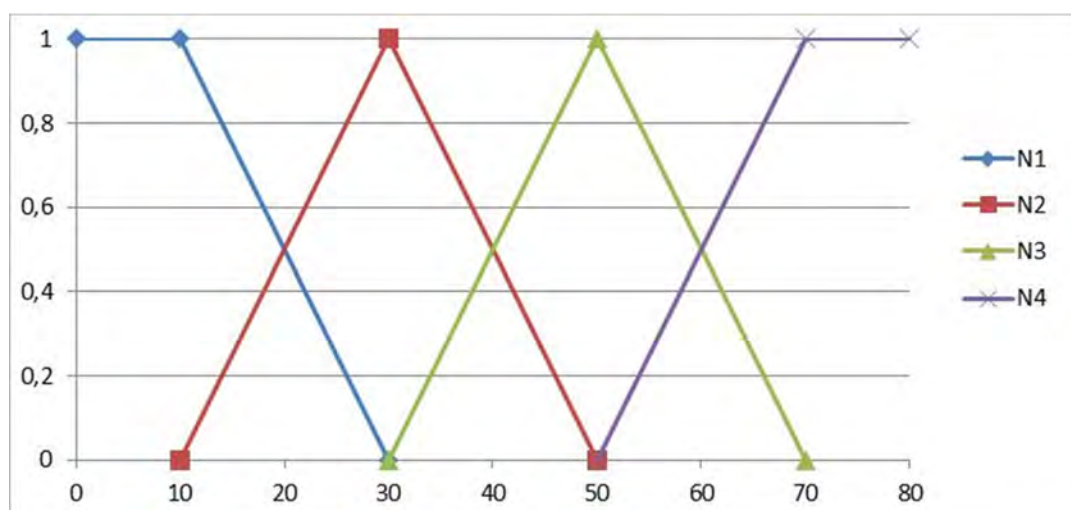
b) **Nível de maturidade do atributo i:** a variável é definida com universo do discurso de 0 a 80, tendo pertinência de 0 a 1. Os termos da variável linguística são Nível 1 (N1), Nível 2 (N2), Nível 3 (N3) e Nível 4 (N4). O quadro 8 resume essas definições e a figura 22 apresenta a função de pertinência para a variável linguística de saída do SIF Proc.

Quadro 8 – Variável linguística de saída SIF Proc

Atributo	Variável Linguística	Intervalo de Atuação	Termo
ATRIBUTO i $I=(1,2,\dots,5)$	Nível de maturidade atributo	0 – 30	N1
		10 - 50	N2
		30 – 70	N3
		50 – 80	N4

Fonte: O autor, 2013.

Figura 22 – Função de pertinência nível de maturidade



Fonte: O autor, 2013.

c) **Tabela Fuzzy Association Memory (FAM):** contém os valores que são armazenados na base de conhecimento para o cálculo da inferência pelos SIF Proc e SIF Org. Essa tabela foi preenchida por um especialista em gestão por processos durante a modelagem fuzzy, de acordo com as regras que se deseja aplicar na inferência do sistema. O quadro 9 apresenta esses valores para o caso de três entradas no SIF Proc ou SIF Org e o quadro 10 para duas entradas.



Quadro 9 – *Fuzzy Association Memory* para três entradas

<b>elemento_A</b>	<b>elemento_B</b>	<b>elemento_C</b>	<b>Nivel_Maturidade</b>
Ausente	Ausente	Ausente	N1
Ausente	Ausente	Parcialmente Presente	N1
Ausente	Ausente	Presente	N1
Ausente	Parcialmente Presente	Ausente	N1
Ausente	Parcialmente Presente	Parcialmente Presente	N1
Ausente	Parcialmente Presente	Presente	N2
Ausente	Presente	Ausente	N1
Ausente	Presente	Parcialmente Presente	N2
Ausente	Presente	Presente	N3
Parcialmente Presente	Ausente	Ausente	N1
Parcialmente Presente	Ausente	Parcialmente Presente	N2
Parcialmente Presente	Ausente	Presente	N2
Parcialmente Presente	Parcialmente Presente	Ausente	N2
Parcialmente Presente	Parcialmente Presente	Parcialmente Presente	N2
Parcialmente Presente	Parcialmente Presente	Presente	N3
Parcialmente Presente	Presente	Ausente	N2
Parcialmente Presente	Presente	Parcialmente Presente	N3
Parcialmente Presente	Presente	Presente	N3
Presente	Ausente	Ausente	N1
Presente	Ausente	Parcialmente Presente	N2
Presente	Ausente	Presente	N3
Presente	Parcialmente Presente	Ausente	N2
Presente	Parcialmente Presente	Parcialmente Presente	N3
Presente	Parcialmente Presente	Presente	N4
Presente	Presente	Ausente	N3
Presente	Presente	Parcialmente Presente	N4
Presente	Presente	Presente	N4

Fonte: O autor, 2013.

Quadro 10 – *Fuzzy Association Memory* para duas entradas

elementoA	elementoB	Nivel_Maturidade
Ausente	Ausente	N1
Ausente	Parcialmente Presente	N1
Ausente	Presente	N2
Parcialmente Presente	Ausente	N1
Parcialmente Presente	Parcialmente Presente	N2
Parcialmente Presente	Presente	N3
Presente	Ausente	N2
Presente	Parcialmente Presente	N3
Presente	Presente	N4

Fonte: O autor, 2013.

#### 3.4.4. SIF Ajuste da Maturidade de Processo (SIF AjusteProc) e SIF de Ajuste Maturidade da Organização (SIF AjusteOrg)

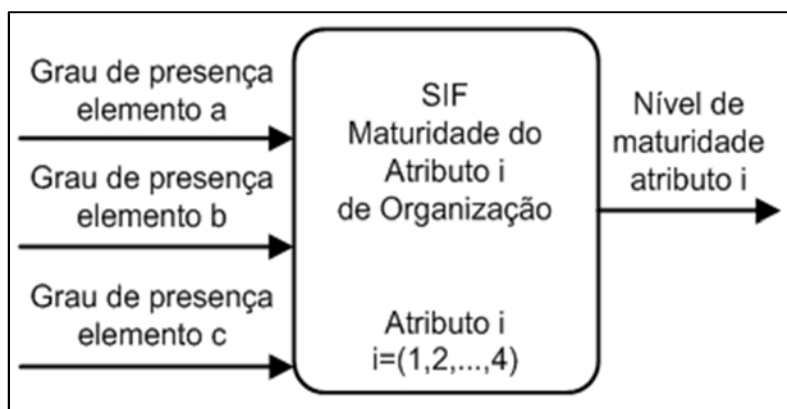
De forma análoga ao processamento do SIF Proc, o SIF Org infere a maturidade para cada um dos elementos de maturidade organizacional. A segregação quanto aos SIF's se dá pela forma como o modelo PEMM realiza sua avaliação considerando as duas dimensões separadamente. O SIF Org é executado 4 vezes para cada um dos 4 elementos organizacionais ( $i = 1, 2, \dots, 4$ ). Ele recebe como entrada a variável linguística **grau de presença do elemento** que define o grau de presença do elemento de maturidade organizacional, apurados através da planilha OrgMaturity-Too.xlsm, tela Organização. Sua saída é representada pela variável linguística **nível de maturidade do atributo** que indica o nível de maturidade do atributo organizacional analisado. O quadro 11 apresenta todos os elementos constituintes de cada atributo de maturidade organizacional a serem utilizados como entradas no SIF Org, de acordo com o modelo *fuzzy* proposto. A modelagem da variável linguística de saída do SIF Org é análoga à saída do SIF Proc. Tem como termos linguísticos os níveis que vão de N1 a N4, com universo de discurso de 0 a 80 e funções de pertinência similares ao SIF Proc. A figura 23 apresenta um esboço do funcionamento do SIF Org.

Quadro 11 – Variáveis linguísticas de entrada SIF Org

Atributo	Variável Linguística	Intervalo de atuação	Termo
LIDERANÇA (n = 1)	Percepção	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
	Alinhamento	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
	Comportamento	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
Estilo	0 – 20	Ausente	
	10 – 30	Parcialmente presente	
	20 – 40	Presente	
CULTURA (n = 2)	Trabalho em equipe	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
	Foco no cliente	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
	Responsabilidades	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
Atitude quanto a mudanças	0 – 20	Ausente	
	10 – 30	Parcialmente presente	
	20 – 40	Presente	
APTIDÃO (n = 3)	Pessoas	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
	Metodologia	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
GOVERNANÇA (n = 4)	Modelo de Processo	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
	Responsabilidade	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente
	Integração	0 – 20	Ausente
		10 – 30	Parcialmente presente
		20 – 40	Presente

Fonte: O autor, 2013.

Figura 23 – Esboço de funcionamento SIF Org



Fonte: O autor, 2013.

#### 3.4.5. Apuração do impacto entre atributos de maturidade

Na apuração do impacto entre atributos de maturidade, conforme informado por especialistas, um atributo de processo deve influenciar na maturidade de um atributo de empresa e vice-versa, visto que contribuem mutuamente na evolução da organização para uma gestão por processos. Essa característica não é abordada no modelo PEMM sendo utilizada aqui para melhoria na avaliação. Essa informação é essencial para identificar o quanto à organização está se transformando em relação à gestão por processos influenciando diretamente no resultado do ITO. A não coerência na evolução da maturidade dos atributos é um fator indicativo de que os esforços não estão trazendo os resultados esperados e devem ser revistos. Para apurar essa informação, o avaliador deverá julgar um questionário que contém sentenças as quais indicam o impacto entre esses atributos. Cada sentença deverá ter um valor atribuído de acordo com seu grau de veracidade, definido em uma escala de 0 a 10. As informações levantadas no questionário são armazenadas em forma de matriz denominada como Matriz de Impacto e serão *fuzificadas* tornando-se entradas para os SIF's Ajuste da Maturidade de Processo e Ajuste da Maturidade Organizacional. O questionário é respondido através da planilha OrgMaturityTool.xlsm, tela Impacto, a qual recebe as informações de entrada do avaliador.

### 3.4.6. SIF Ajuste da Maturidade de Processo (SIF AjusteProc) e SIF de Ajuste Maturidade de Empresa (SIF AjusteOrg)

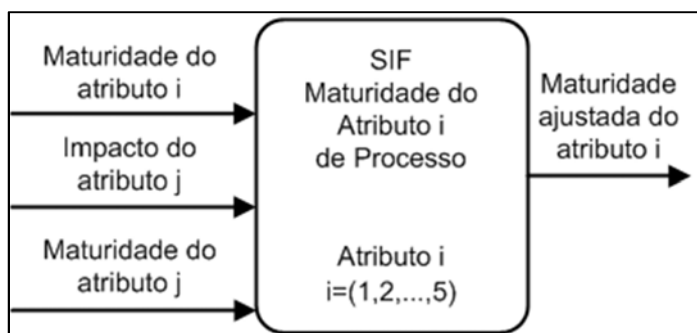
No SIF AjusteProc realiza-se o ajuste da maturidade para cada atributo de processo, obtidos a partir da execução do SIF Proc. Tal SIF é executado  $k \times w$  (vinte) vezes, ou seja, para cada um dos  $k$  (cinco) atributo de processo infere-se a sua influência em face de cada um dos  $w$  (quatro) atributos organizacionais. A maturidade de um atributo de processo pode aumentar se um atributo organizacional contribui positivamente para sua evolução, ou, diminuir se contribui negativamente. A saída do SIF AjusteProc está representada pela variável linguística **maturidade ajustada do atributo i** e a contribuição recebida por cada atributo de organização é representada pela variável linguística **impacto**. O quadro 12 mostra resumidamente as variáveis linguísticas do SIF AjusteProc e seus termos e a figura 24 apresenta um esboço do funcionamento do SIF AjusteProc com suas entradas e saída.

Quadro 12 – Variáveis linguísticas SIF AjusteProc

Variável linguística	Intervalo de atuação	Termo
Maturidade do atributo i	0 – 30	N1
	10 – 50	N2
	30 – 70	N3
	50 – 80	N4
Impacto do atributo j	0 – 5	Pouco
	2,5 – 7,5	Razoável
	5 – 10	Muito
Maturidade do atributo j	0 – 30	N1
	10 – 50	N2
	30 – 70	N3
	50 – 80	N4
Maturidade ajustada do atributo i	0 – 30	N1
	10 – 50	N2
	30 – 70	N3
	50 – 80	N4

Fonte: O autor, 2013.

Figura 24 – Esboço de funcionamento SIF AjustProc

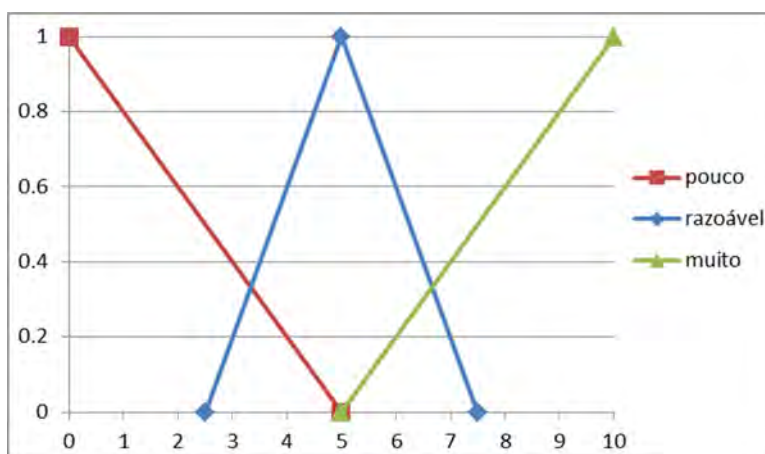


Fonte: O autor, 2013.

a) **Maturidade do atributo i de Processo e Maturidade do atributo j de Organização:** variáveis linguística geradas com a execução do SIF Proc e SIF Org, respectivamente, conforme já mencionado na seção anterior. Seus termos e funções de pertinência já foram definidos anteriormente e estão apresentados no quadro 8 e figura 22, respectivamente.

b) **impacto do atributo j:** variável linguística de entrada obtida através das respostas das sentenças disponibilizadas na planilha OrgMaturityTool.xlsm e armazenadas na matriz de impacto. A variável está definida com universo do discurso no intervalo de 0 a 10, tendo pertinência de 0 a 1. A figura 25 apresenta sua função de pertinência.

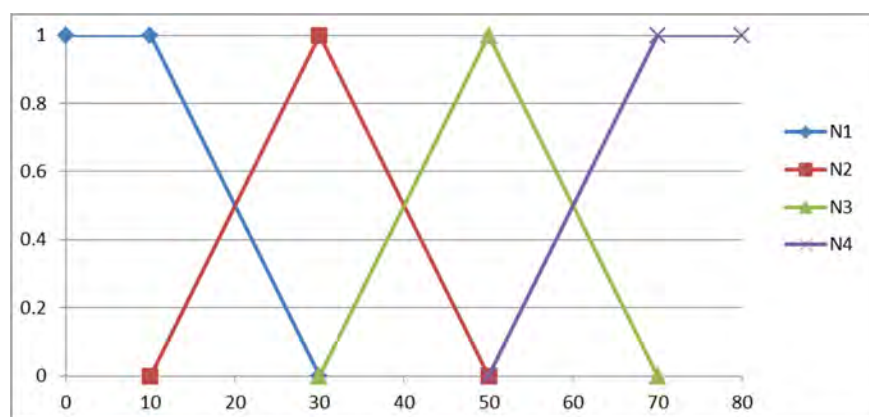
Figura 25 – Função de pertinência variável linguística contribuição.



Fonte: O autor, 2013.

c) **Maturidade ajustada do atributo i**: variável linguística de saída modelada, tal como, a variável nível de maturidade do atributo. Seu universo do discurso está definido no intervalo de 0 a 80, tendo pertinência de 0 a 1. Seus termos linguísticos também são N1, N2, N3 e N4. A função de pertinência para essa variável é idêntica a da variável nível de maturidade do atributo e está representada na figura 25.

Figura 26 – Funções de pertinência maturidade ajustada do atributo i de Processo.



Fonte: O autor, 2013

d) **Tabela Fuzzy Association Memory (FAM)**: contém os valores que são armazenados na base de conhecimento para o cálculo da inferência pelos sistemas fuzzy SIF AjusteProc e SIF AjusteOrg. O quadro 13 apresenta esses valores; para o SIF AjusteProc. A coluna *Nível\_Mat\_Atrib\_Impactado* representa a variável linguística Maturidade do atributo i, visto que essa sofrerá a influência de outros atributos da organização. A coluna *Nível\_Mat\_Atrib\_Impactador* representa a variável Maturidade do atributo j que influenciará na maturidade do atributo i analisado. Já para o SIF AjusteOrg, inversamente, a coluna *Nível\_Mat\_Atrib\_Impactado* representa a variável linguística Maturidade do atributo j, visto que essa sofrerá a influência de outros atributos de Processo. A coluna *Nível\_Mat\_Atrib\_Impactador* representa a variável Maturidade do atributo i que influenciará na maturidade do atributo j analisado.

Quadro 13 – Tabela FAM para inferência do SIF Ajuste Proc e SIF AjusteOrg

Nivel_Mat_Atrib_Impactado	Nivel_Mat_Atrib_Impactador	Impacto	Nivel_Mat_Ajust
N1	N1	Pouco	N1
N1	N1	razoável	N1
N1	N1	Muito	N1
N1	N2	Pouco	N1
N1	N2	razoável	N1
N1	N2	Muito	N2
N1	N3	Pouco	N1
N1	N3	razoável	N2
N1	N3	Muito	N2
N1	N4	Pouco	N1
N1	N4	razoável	N2
N1	N4	Muito	N2
N2	N1	Pouco	N1
N2	N1	razoável	N2
N2	N1	Muito	N2
N2	N2	Pouco	N2
N2	N2	razoável	N2
N2	N2	Muito	N2
N2	N3	Pouco	N2
N2	N3	razoável	N2
N2	N3	Muito	N3
N2	N4	Pouco	N2
N2	N4	razoável	N2
N2	N4	Muito	N3
N3	N1	Pouco	N2
N3	N1	razoável	N3
N3	N1	Muito	N3
N3	N2	Pouco	N3
N3	N2	razoável	N3
N3	N2	Muito	N3
N3	N3	Pouco	N3
N3	N3	razoável	N3
N3	N3	Muito	N3
N3	N4	Pouco	N3
N3	N4	razoável	N3
N3	N4	Muito	N4
N4	N1	Pouco	N3
N4	N1	razoável	N3
N4	N1	Muito	N3
N4	N2	Pouco	N3
N4	N2	razoável	N4
N4	N2	Muito	N4
N4	N3	Pouco	N3
N4	N3	razoável	N4
N4	N3	Muito	N4
N4	N4	Pouco	N4
N4	N4	razoável	N4
N4	N4	Muito	N4

Fonte: O autor, 2013.



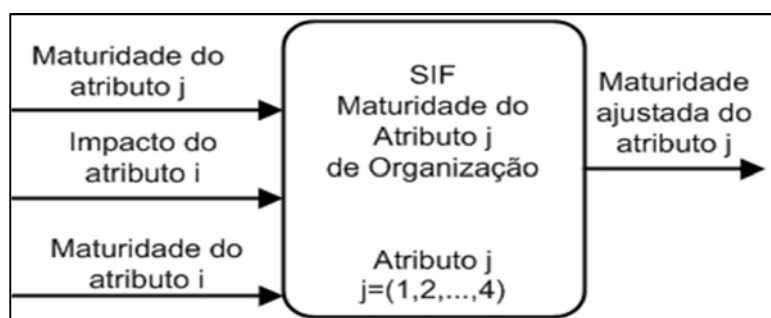
De forma análoga ao processamento do SIF AjusteProc, o SIF AjusteOrg realiza o ajuste da maturidade, porém de forma inversa: para cada atributo organizacional infere-se a sua influência em face de cada um dos atributos de processo. O SIF AjusteOrg também recebe como entrada as saídas geradas pelas execuções do SIF Proc e SIF Org e o impacto apurado através da matriz de impacto. Sua saída é representada pela variável linguística **maturidade ajustada do atributo j** que indica a maturidade ajustada do atributo organizacional analisado. As funções de pertinência para suas variáveis linguísticas são análogas as do SIF AjusteProc, bem como sua tabela FAM. O quadro 14 apresenta resumidamente suas variáveis linguísticas e a figura 27 apresenta um esboço do funcionamento do SIF AjusteOrg.

Quadro 14 – Variáveis linguísticas SIF AjusteOrg.

Variável linguística	Intervalo de atuação	Termo
Maturidade do atributo j	0 – 30	N1
	10 – 50	N2
	30 – 70	N3
	50 – 80	N4
Impacto do atributo i	0 – 5	Pouco
	2,5 – 7,5	Razoável
	5 – 10	Muito
Maturidade do atributo i	0 – 30	N1
	10 – 50	N2
	30 – 70	N3
	50 – 80	N4
Maturidade ajustada do atributo j	0 – 30	N1
	10 – 50	N2
	30 – 70	N3
	50 – 80	N4

Fonte: O autor, 2013.

Figura 27 – Esboço SIF AjusteOrg.



Fonte: O autor, 2013.

### 3.4.7. SIF Composição da Maturidade dos Atributos de Processo (SIF CompProc) e de Organização (SIF CompOrg)

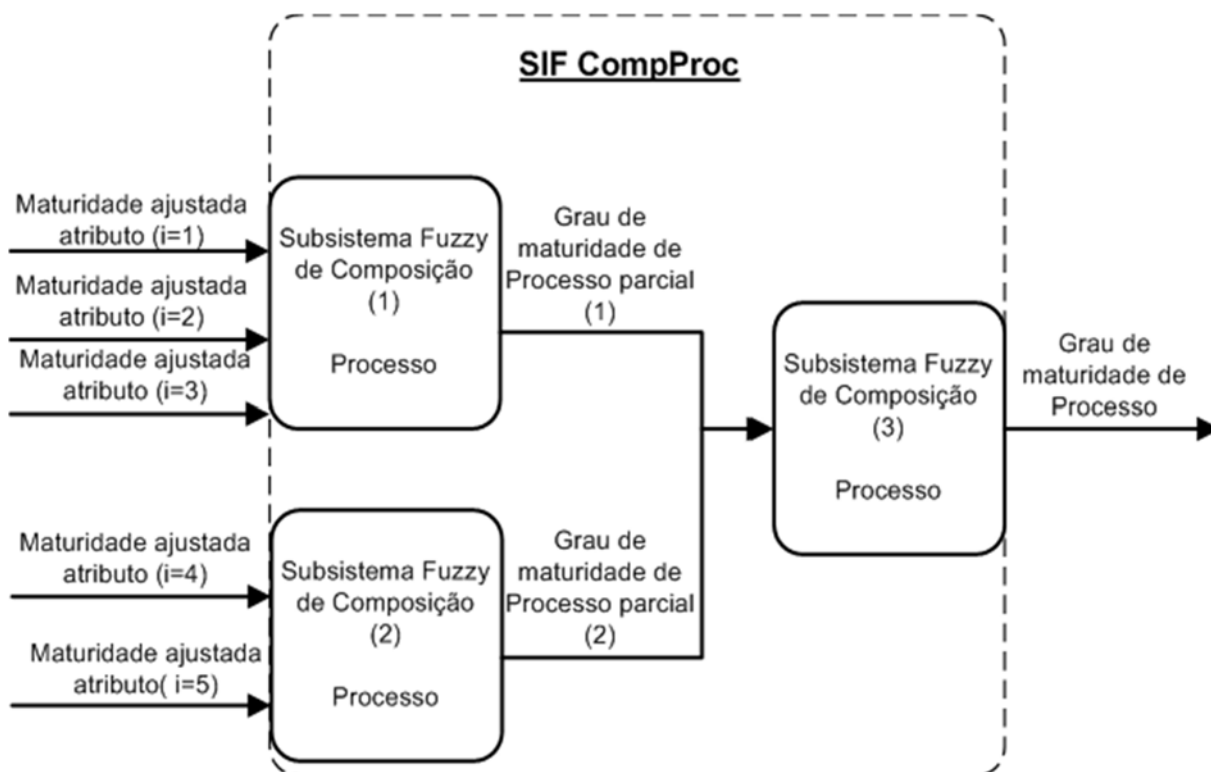
Após a conclusão do ajuste da maturidade de todos os atributos de processo, o SIF CompProc prossegue com a obtenção da maturidade final da dimensão Processo. Ela é inferida a partir de uma composição *fuzzy* das  $k$  (cinco) maturidades ajustadas do atributo de Processo, oriundos do SIF AjusteProc. A saída do SIF CompProc é representada pela variável linguística **grau de maturidade de Processo**. Para facilitar a modelagem *fuzzy*, bem como, a complexidade do sistema, o SIF CompProc foi dividido em três subsistemas *fuzzy*: o primeiro realiza a composição das maturidades ajustadas de três atributos de Processo, tendo como saída um **grau de maturidade de Processo parcial**; o segundo realiza a composição das maturidades ajustadas dois demais atributos de Processo, tendo como saída também um segundo **grau de maturidade de Processo parcial**; o terceiro realiza a composição das saídas do primeiro e segundo subsistema, obtendo o **grau de maturidade de Processo**. O esboço do SIF ComProc é apresentado na figura 28 com seus subsistemas *Fuzzy* e as variáveis linguísticas de seus subsistemas são apresentadas no quadro 15.

Quadro 15 – Variáveis linguísticas para subsistemas do SIF CompProc.

Variável linguística	Intervalo de atuação	Termo
Maturidade ajustada atributo $i$ ( $i=1, 2, 3, 4,5$ )	0 – 30	N1
	10 – 50	N2
	30 – 70	N3
	50 – 80	N4
Grau de maturidade de Processo parcial (1) e (2)	0 – 30	N1
	10 – 50	N2
	30 – 70	N3
	50 – 80	N4
Grau de maturidade de Processo	0 – 30	N1
	10 – 50	N2
	30 – 70	N3
	50 – 80	N4

Fonte: O autor, 2013.

Figura 28 – Esquema de inferência para SIF CompProc.

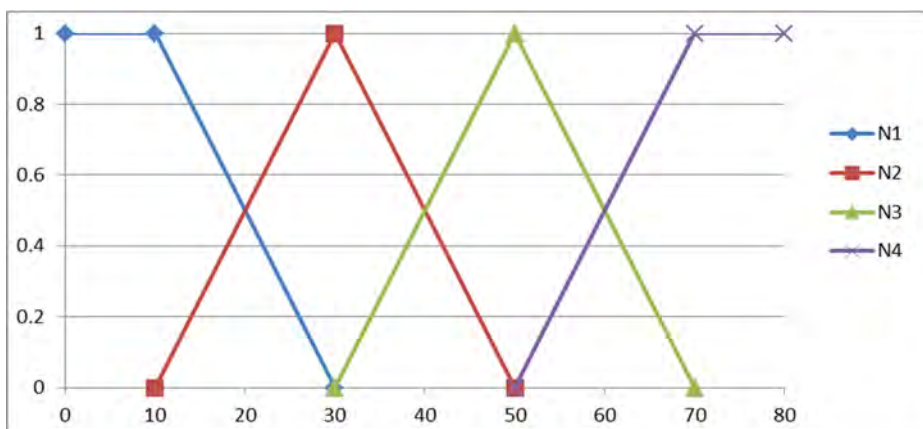


Fonte: O autor, 2013.

a) **Maturidade ajustada do atributo  $i$ :** Conforme já mencionado na subseção anterior, a variável linguística *Maturidade ajustada do atributo  $i$*  é gerada com a execução do SIF Ajuste Proc, para cada atributo. Seus termos e funções de pertinência já foram definidos anteriormente e estão apresentados no Quadro 12 (Variáveis linguísticas SIF AjusteProc) e Figura 22.

b) **Grau de maturidade de Processo parcial:** A variável linguística *Grau de maturidade de Processo parcial* representa a composição de parte dos atributos de processo, tanto no subsistema (1) quanto no subsistema (2). Ela é modelada tal como as demais variáveis de maturidade tendo seu universo de discurso definido no intervalo de 0 a 80, e pertinência de 0 a 1. Seus termos linguísticos são N1, N2, N3 e N4. A função de pertinência para essa variável é similar às demais e está apresentada na figura 29.

Figura 29 – Funções de pertinência Grau de maturidade de Processo parcial



Fonte: O autor, 2013.

c) **Grau de maturidade de Processo:** A variável linguística de saída Grau de maturidade de Processo representa o resultado final da organização em relação à dimensão Processo. Seu cálculo é realizado a partir da composição dos resultados parciais obtidos anteriormente. Seu universo de discurso é definido no intervalo de 0 a 80, tendo pertinência de 0 a 1. Seus termos linguísticos são N1, N2, N3 e N4 tal como nas variáveis de entrada Grau de maturidade de Processo parcial. Dessa forma, suas funções de pertinência são idênticas e pode ser representada pela Figura 25 – Funções de pertinência para a variável linguística Grau de maturidade de Processo parcial.

d) **Tabela Fuzzy Association Memory:** A tabela FAM utilizada pelo subsistema (1), que possui três entradas, está representada no quadro 16. Já para o subsistema (2), que possui duas entradas, o quadro 17 apresenta seus valores.

Quadro 16 – Tabela FAM para inferência subsistema (1) SIF CompProc

nivel_maturidade_a	nivel_maturidade_b	nivel_maturidade_c	grau_maturidade
N1	N1	N1	N1
N1	N1	N2	N1
N1	N1	N3	N1
N1	N1	N4	N2
N1	N2	N1	N1
N1	N2	N2	N2
N1	N2	N3	N2

Continuação Quadro 16

N1	N2	N4	N2
N1	N3	N1	N1
N1	N3	N2	N2
N1	N3	N3	N2
N1	N3	N4	N3
N1	N4	N1	N2
N1	N4	N2	N2
N1	N4	N3	N3
N1	N4	N4	N3
N2	N1	N1	N1
N2	N1	N2	N2
N2	N1	N3	N2
N2	N1	N4	N2
N2	N2	N1	N2
N2	N2	N2	N2
N2	N2	N3	N2
N2	N2	N4	N3
N2	N3	N1	N2
N2	N3	N2	N2
N2	N3	N3	N3
N2	N3	N4	N3
N2	N4	N1	N2
N2	N4	N2	N3
N2	N4	N3	N3
N2	N4	N4	N4
N3	N1	N1	N1
N3	N1	N2	N2
N3	N1	N3	N3
N3	N1	N4	N3
N3	N2	N1	N2
N3	N2	N2	N2
N3	N2	N3	N3
N3	N2	N4	N3
N3	N3	N1	N2
N3	N3	N2	N3
N3	N3	N3	N3
N3	N3	N4	N3
N3	N4	N1	N3
N3	N4	N2	N3
N3	N4	N3	N3
N3	N4	N4	N4
N4	N1	N1	N2
N4	N1	N2	N2
N4	N1	N3	N3
N4	N1	N4	N3
N4	N2	N1	N2
N4	N2	N2	N2
N4	N2	N3	N3
N4	N2	N4	N4
N4	N3	N1	N3
N4	N3	N2	N3
N4	N3	N3	N3
N4	N3	N4	N4
N4	N4	N1	N3
N4	N4	N2	N4
N4	N4	N3	N4
N4	N4	N4	N4

Fonte: O autor, 2013.

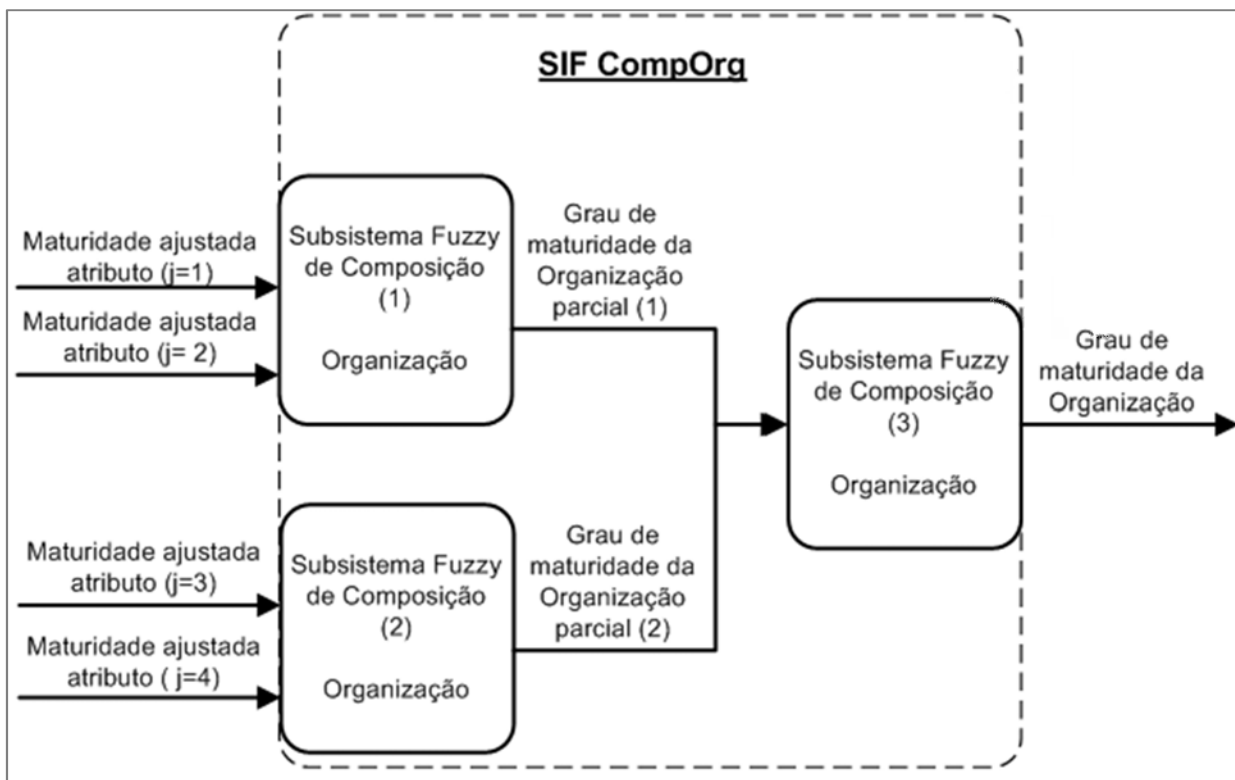
Quadro 17 – Tabela FAM para subsistema (2) SIF CompProc

<b>Nivel_A_atrib</b>	<b>Nivel_B_atrib</b>	<b>Nivel_Maturidade</b>
N1	N1	N1
N1	N2	N1
N1	N3	N2
N1	N4	N2
N2	N1	N1
N2	N2	N2
N2	N3	N2
N2	N4	N3
N3	N1	N2
N3	N2	N2
N3	N3	N3
N3	N4	N3
N4	N1	N2
N4	N2	N3
N4	N3	N3
N4	N4	N4

Fonte: O autor, 2013.

De maneira similar, o SIF CompOrg realiza a composição das *w* (quatro) maturidades ajustadas dos atributos de Organização obtendo o nível de maturidade final em relação à dimensão Organização. Suas entradas são obtidas com a execução do SIF AjusteOrg, tal como, no SIF AjusteProc. Sua saída está representada pela variável linguística **Grau de Maturidade da Organização** tendo universo de discurso definido de 0 a 80, termos N1, N2, N3 e N4 e função de pertinência de 0 a 1. As funções de pertinência para suas variáveis linguísticas são análogas as do SIF AjusteProc, conforme apresentado na figura 28. O SIF CompOrg também foi dividido em subsistemas a fim de facilitar a modelagem *fuzzy* e reduzir sua complexidade. A tabela FAM utilizada pelos subsistemas (1) e (2) do SIF CompOrg é idêntica a do subsistema (2) do SIF CompProc, quadro 16 e 17, tendo em vista tratarem de variáveis linguísticas de mesma natureza e possuem mesma quantidade de entradas nos SIF's. Um esboço do SIF CompOrg é apresentado na figura 30 com seus subsistemas *Fuzzy* e o quadro 19 apresenta suas variáveis linguísticas.

Figura 30 – Esquema de inferência para SIF CompOrg



Fonte: O autor, 2013.

Quadro 18– Variáveis linguísticas para subsistemas do SIF CompOrg

Variável linguística	Intervalo de atuação	Termo
Maturidade ajustada atributo j (j=1, 2, 3,4)	0 – 30	N1
	10 – 50	N2
	30 – 70	N3
	50 – 80	N4
Grau de maturidade de Organização parcial (1) e (2)	0 – 30	N1
	10 – 50	N2
	30 – 70	N3
	50 – 80	N4
Grau de maturidade de Organização	0 – 30	N1
	10 – 50	N2
	30 – 70	N3
	50 – 80	N4

Fonte: O autor, 2013.

### 3.4.8. SIF do Índice de Transformação Organizacional (SIF ITO)

Com os valores das maturidades das dimensões Processo e Organização, mais as informações da matriz de impacto, obtém-se o Índice de Transformação Organizacional (ITO), o qual expressa os reais resultados alcançados com a implantação de uma gestão por processos de negócio. Os valores da matriz de impacto representam a colaboração dos atributos entre si para o crescimento de sua maturidade. Para identificar a sinergia entre os atributos foi considerada a característica de dispersão das informações armazenadas na matriz de impacto: quanto mais próximos e mais alto os valores da matriz, melhor a transformação da organização. Valores dispersos na matriz indicam que alguns atributos de maturidade não estão evoluindo coerentemente, um poderia contribuir fortemente, porém não há retorno por parte de outros atributos. Valores muito baixos indicam que não há contribuição, atrasando o processo de transformação.

Considerando as variáveis mencionadas acima, o SIF ITO foi modelado recebendo três entradas: o **grau de maturidade de processo**, o **grau de maturidade da organização** e a **dispersão**. As duas primeiras são obtidas com a execução do SIF CompProc e SIF CompOrg, respectivamente. Já a **dispersão** é obtida a partir da matriz de impacto. A variável de saída do SIF ITO é denominada **Índice de Transformação Organizacional** e representa um valor que é máximo quando a organização consegue usufruir plenamente dos resultados alcançados a partir de uma gestão por processos de negócios. A figura 31 apresenta um esboço do funcionamento do SIF ITO com suas entradas e saída e o quadro 19 mostra resumidamente as variáveis linguísticas do SIF ITO e seus termos

Figura 31 – Esboço do funcionamento do SIF ITO



Fonte: O autor, 2013.



Quadro 19 – Variáveis linguísticas do SIF ITO

Variável linguística	Intervalo de atuação	Termo
grau de maturidade de processo	0 – 30	N1
	10 – 50	N2
	30 – 70	N3
	50 – 80	N4
grau de maturidade da Organização	0 – 30	N1
	10 – 50	N2
	30 – 70	N3
	50 – 80	N4
Dispersão	0 – 50	baixa
	25 – 75	média
	50 – 100	Alta
ITO	0 – 40	muito baixo
	20 – 60	baixo
	40 – 80	alto
	60 – 100	muito alto

Fonte: O autor, 2013.

a) **Grau de maturidade de Processo e Grau de maturidade da Organização:** variáveis linguísticas geradas com a execução do SIF CompProc e SIF CompOrg, respectivamente, conforme já mencionado na seção anterior. Seus termos e funções de pertinência já foram definidos anteriormente e estão apresentados no Quadro 16, 18, e figura 28.

b) **Dispersão:** variável linguística elaborada a partir de uma função de dispersão, tendo seu universo de discurso definido no intervalo de 0 a 100, e função de pertinência de 0 a 1. Seus termos linguísticos são pouca, razoável, muita. A dispersão indica a variação das influências dos atributos de uma dimensão (processo ou empresa) sobre os atributos da outra dimensão. A organização estará bem avaliada quando todas essas influências (impactos) forem iguais e máximas.

Com base nessa ideia foi escolhido para computar a dispersão, um valor baseado na variância dos impactos, pois quando todos eles forem bem diferentes (distantes da média), a variância será alta, o que acarretaria um ITO mais baixo. Todavia, quando a variância for baixa (impactos próximos à média), é necessário

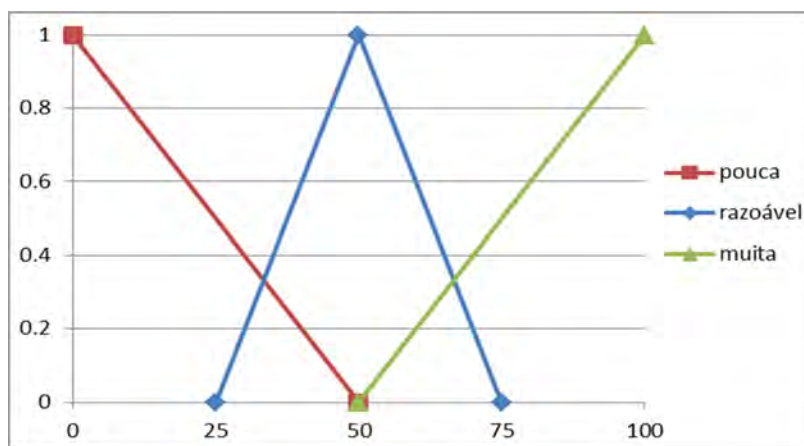
verificar a média dos impactos, pois uma média baixa, indica que os atributos estão contribuindo pouco entre si para suas evoluções. Nesse caso, para um ITO mais alto, a média também deverá ser alta. Analogamente, o ITO deverá ser mais baixo quando tal média for baixa. Resumidamente o valor da dispersão é dado pelas fórmulas 2.27, 2.28 e 2.29.

$$m\u00e9dia_{impactos} = \frac{\sum_{i=1}^{total\_impactos} valor_{impacto}}{total\_impactos} \quad (2.27)$$

$$vari\u00e2ncia = \frac{\sum_{i=1}^{total\_impactos} (valor_{impacto} - m\u00e9dia_{impactos})^2}{total\_impactos} \quad (2.28)$$

$$dispers\u00e3o = \begin{cases} vari\u00e2ncia & vari\u00e2ncia > 50 \\ 100 - m\u00e9dia_{impactos}^2 & vari\u00e2ncia < 50 \end{cases} \quad (2.29)$$

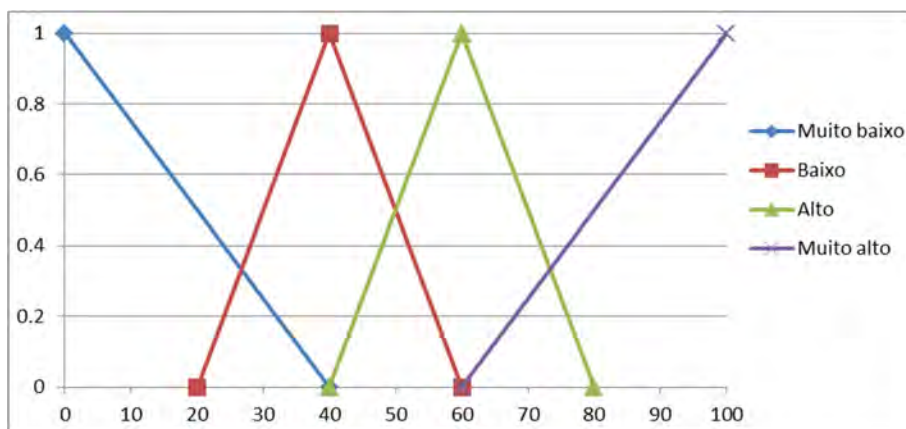
Figura 32 – Função de pertin\u00eancia vari\u00e1vel dispers\u00e3o



Fonte: O autor, 2013.

a) **ITO**: representa um índice indicativo da transformação da organização em relação à gestão por processos de negócios. Ela é modelada tendo seu universo de discurso definido no intervalo de 0 a 100 e pertinência de 0 a 1. Seus termos linguísticos são Muito baixo, baixo, alto e Muito alto.

Figura 33 – Função de pertinência para variável linguística ITO.



Fonte: O autor, 2013.

## **4. PROVA DE CONCEITO**

Este capítulo descreve a prova de conceito realizada com a OrgMaturity-Tool, apresentando no início uma visão geral do uso da ferramenta e em seguida apresentando as avaliações realizadas por um especialista em gestão por processos para duas empresas distintas.

### **4.1. Visão geral do Protótipo**

A OrgMaturity-Tool utiliza a planilha excel “OrgMaturity.xlsm” como interface para entrada dos dados da avaliação. O software Microsoft Excel, foi escolhido para esse fim tendo em vista tratar-se de um protótipo inicial. Isso reduziu o tempo de implementação da ferramenta, visto que não necessário codificar uma interface para entrada das informações. Embora a ferramenta utilize o excel para armazenamento dos dados, o código Java o qual realiza a inferência fuzzy, está apto à integração com outros bancos de dados maiores, conforme já mencionado anteriormente.

Para realizar a avaliação é necessário responder três questionários disponibilizados na planilha citada. O primeiro questionário está acessível através da tela “Processo” referente aos critérios de maturidade em relação à Processo. O segundo está acessível através da tela “Organização”, referente aos critérios de maturidade relativos à Organização e o último na tela “impacto”, referente à contribuição entre os atributos para o avanço da maturidade.

### **4.2. Entradas dos dados dos elementos de “Processo” e “Organização”**

Os elementos de Processo e Organização são introduzidos através das sentenças apresentadas na coluna “Cenário” das abas Processo e Organização. O avaliador deve escolher um valor de 0 a 10 que corresponda ao grau de maturidade da organização em relação ao cenário analisado. Zero indica que a maturidade da

organização avaliada é muito baixa em relação ao cenário e dez indica uma alta maturidade em relação ao cenário.

Além do julgamento em relação às sentenças o avaliador pode desconsiderar alguns elementos de maturidade que não são imprescindíveis, conforme explicado em 3.3.1.3. A coluna “Relevância” habilita o item para avaliação, quando marcada como “sim”, e desabilita quando marcado como “não”. Apenas alguns elementos podem ser desconsiderados na avaliação. Os demais são relevantes para qualquer organização e já estão marcados como “sim” A figura 34 apresenta a tela Processo e a Figura 35 apresenta a tela Organização a ser preenchida pelo avaliador de forma análoga a tela processo.

Figura 34 – Tela dos elementos de Processo da planilha OrgMaturityTool.xlsm.

OrgMaturity-Tool (Process)				
ATRIBUTO	ELEMENTO	RELEVÂNCIA	CENÁRIO	MATURIDADE
D E S E N H O	P R O P O S T O	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	P1. O processo não foi desenhado do início ao fim. Gerentes funcionais usam o projeto legado principalmente como um contexto para a melhoria do desempenho funcional.	10
			P2. O processo foi remodelado de ponta-a-ponta a fim de otimizar seu desempenho.	10
			P3. O processo foi modelado para se conectar com os processos corporativos e com os sistemas corporativos de TI, a fim de otimizar o desempenho da empresa.	10
			P4. O processo foi modelado para se adequar aos processos de clientes e fornecedores, a fim de otimizar o desempenho interempresarial.	10
	C O N T E X T O		P1. As entradas, saídas, fornecedores e clientes dos processos foram identificados.	10
			P2. As necessidades dos clientes dos processos é conhecida e acordada.	10
			P3. O proprietário do processo e proprietários de outros processos com os quais o processo faz interface, estabeleceram expectativas mútuas de desempenho.	10
			P4. O proprietário do processo e proprietários de processos de clientes e fornecedores com os quais o processo faz interface estabeleceram expectativas mútuas de desempenho.	10

Fonte: O autor, 2013.

Figura 35 – Tela dos elementos de Organização da planilha OrgMaturityTool.xlsm.

ATRIBUTO	ELEMENTO	RELEVÂNCIA	CENÁRIO	MATURIDADE	
LIDERANÇA	N T O		O4. Pessoas dentro da empresa exibem entusiasmo para a gerência do processo e desempenham papéis de liderança nos esforços para o processo.	10	
			A T I T U D E	O1. Um executivo sênior apoia e investe em melhoria operacional.	10
				O2. Existe uma documentação ponta-a-ponta do modelo processo.	10
				O3. Um executivo sênior publicamente determinou objetivos de desempenho nos termos do cliente e está apto a alocar recursos, efetuar mudanças significantes e remover impeditivos para atingir esses objetivos.	10
E S T I L O	Sim	O4. Excutivos sênior operam como uma equipe, gerenciam a empresa através de seus processos e estão ativamente engajados no programa do processo.	10		
		O1. O time executivo sênior iniciou a transição de um estilo hierárquico top-down para um estilo aberto e colaborativo.	10		
		O2. O time executivo sênior de liderança do programa de processo é apaixonado quanto à necessidade de mudanças e quanto ao processo como uma ferramenta chave para mudanças.	10		
		O3. O time executivo sênior delega controle e autoridade para proprietários de processos e atores de processos.	10		
	Sim	Não	O4. O time executivo sênior exerce liderança através de visão e influência ao invés de comando e controle.	10	

Fonte: O autor, 2013.

Algumas restrições foram implantadas na planilha, conforme explicado em 3.3.1.1. Ao atribuir uma nota menor que nove a um cenário, o cenário seguinte restringe seus valores de atribuição para o intervalo de 0 a 5. Uma mensagem é exibida ao usuário informando sobre essa restrição como pode ser visto na figura 36. A figura 37 mostra os demais cenários do elemento desabilitados, após uma atribuição de valor baixo.

Figura 36 – Alerta para restrição de valores da planilha OrgMaturityTool.xlsm.

ATRIBUTO	ELEMENTO	RELEVÂNCIA	CENÁRIO	MATURIDADE
PROPÓSITO	Sim		P1. O processo não foi desenhado do início ao fim. Gerentes funcionais usam o projeto legado principalmente como um contexto para a melhoria do desempenho funcional.	10
			P2. O processo foi remodelado de ponta-a-ponta a fim de otimizar seu desempenho.	5
DES				0
				0
				10
				0

Fonte: O autor, 2013.



Figura 37 - Sentenças desabilitadas por baixa atribuição.

Microsoft Excel - OrgMaturityTool.xlsm

Para cada sentença na planilha abaixo, escolha um valor de 0 a 10 que corresponda grau da maturidade da sua organização relativo ao cenário informado. Lembre-se que 0 indica que sua maturidade é muito baixa em relação ao cenário e que 10 indica uma alta maturidade em relação ao cenário descrito. Para a dimensão Organização (enterprise) todos os elementos de maturidade são imprescindíveis. Alguns alertas serão exibidos durante seu preenchimento para lhe ajudar nos seus julgamentos.

OrgMaturity-Tool (Enterprise)				
ATRIBUTO	ELEMENTO	RELEVÂNCIA	CENÁRIO	MATURIDADE
C O N S C I Ê N C I A	Sim		O1. O time empresarial executivo reconhece a necessidade de melhoria de desempenho operacional, mas tem apenas um conhecimento limitado do poder de processos de negócios.	10
			O2. Pelo menos um executivo sênior entende profundamente o conceito de processo de negócio, como a empresa pode utilizá-lo na melhoria de desempenho, e o que está envolvido nessa implementação.	3
			O3. O time executivo sênior visualiza a empresa em termos de processo e desenvolveu uma visão da empresa e seus processos.	
			O4. O time executivo sênior visualiza seu próprio trabalho em termos de processo e compreende a maneira de negócios não como um produto, mas como uma forma de gestão de negócios.	
A L I N H	Sim		O1. A liderança do programa do processo está nos cargos de gerência intermediária.	10
			O2. Um executivo sênior tomou liderança e responsabilidade do programa de processo.	10

Processo | Organizacao | Impacto | Resultados

Fonte: O autor, 2013.

#### 4.3. Entrada dos valores de "Impacto" da planilha OrgMaturityTool.xlsm.

Essa interface apresenta sentenças relativas à contribuição entre os atributos de Processo e Organização, conforme explicado em 3.3.3. Cada pergunta deve ser respondida pelo avaliador, atribuindo um valor de zero a dez, de acordo com seu grau de verdade em relação à realidade da organização avaliada. Esses valores são utilizados para a elaboração da variável linguística *sinergia*. A figura 38 apresenta a tela "Impacto".

Figura 38 – Tela “Impacto” da planilha OrgMaturityTool.xlsm.

Microsoft Excel - OrgMaturityTool

*Cada sentença abaixo deverá ter um valor atribuído, definido em uma escala de 0 a 10, de acordo com seu grau de veracidade em relação a realidade da organização avaliada.*

	Liderança	Cultura	
<b>Desenho</b>	1. O corpo gerencial da empresa entendem o potencial dos processos a partir do desenho e contribui para a melhoria do desempenho do processo, da empresa e do setor em que atuam? Veracidade 10	1. O corpo social da empresa, a partir do desenho dos processos, identifica com clareza os clientes do processo e suas necessidades? Veracidade 10	1. O corpo redesenhar mudanças
	2. O desenho do processo contribui para a redefinição dos papéis gerenciais? Veracidade 8	2. A organização como um todo percebe que o cliente, interno e externo, é um valor para a organização? Veracidade 10	2. O esforço competênc
<b>Executores</b>	1. Os líderes da organização assumem a postura de integrantes na execução dos processos? Veracidade 8	1. A colaboração é generalizada (entre gestores, equipes, parceiros e terceiros) para agregar valor ao cliente? Veracidade 10	1. As meto formação d
	2. os executantes do processo assumem a postura de líderes na satisfação dos clientes e nas mudança para a melhoria dos processos visando o aumento do desempenho da empresa e do setor em que atuam? Veracidade 8	2. Gestore, equipes, parceiros e terceiros assumem o papel de atores da produção? Veracidade 7	2. O corpo gestão por efetivas ?
<b>Proprietário</b>	1. A organização vertical integra os líderes de processos nas decisões de distribuição de recursos? Veracidade 7	1. A organização insere os processos como alvo de análise estratégica? Veracidade 10	1. Os gestc iniciativas
	2. O líder do processo participa das decisões de alocação de	2. O líder do processo promove e se compromete com o	2. O líder d

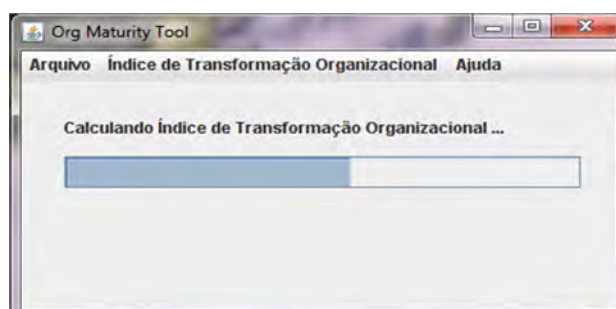
Processo Organização Impacto Resultados

Fonte: O autor, 2013.

#### 4.4. Execução do ITO

O processamento do ITO é iniciado através do arquivo executável OMT.jar. Após o preenchimento dos dados na planilha OrgMaturityTool.xlsm, basta executar o arquivo e os dados são lidos diretamente da planilha e processados pela aplicação Java. Após o cálculo, os resultados são imputados de volta na planilha, estando disponíveis para visualização através da tela Resultados. As figuras 39 e 40 abaixo apresentam a interface para execução da avaliação.

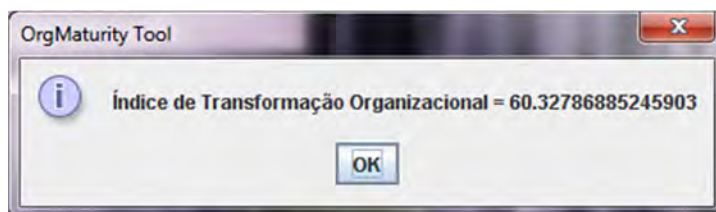
Figura 39 – Interface para execução do ITO



Fonte: O autor, 2013.



Figura 40 – Resultado ITO

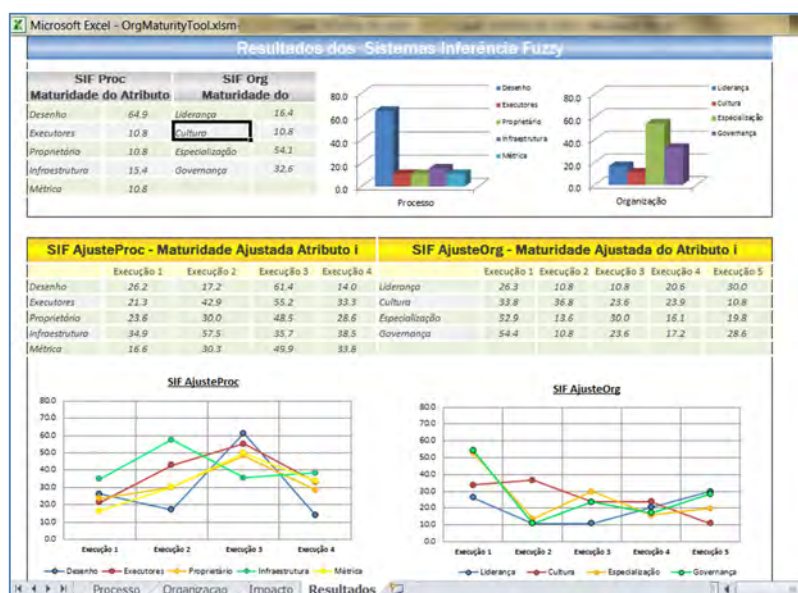


Fonte: O autor, 2013.

#### 4.5. Informação dos Resultados

Essa interface tem por objetivo auxiliar os avaliadores na interpretação dos resultados gerados pela OrgMaturity-Tool. Ela contém os resultados parciais dos SIF's que foram calculados durante o processo de avaliação pela ferramenta, além de gráficos de dispersão que mostram quanto à contribuição entre cada atributo de maturidade está impactando entre si. De posse desses valores, o avaliador pode analisar cada atributo verificando os principais ofensores no seu processo de transformação e tendo uma melhor visão dos pontos que necessitam de melhorias. A figura 42 apresenta a interface “Resultados”.

Figura 41 – Interface “Resultados” da planilha OrgMaturityTool.xlsm.



Fonte: O autor, 2013.

#### 4.6. Testes OrgMaturity-Tool

Os testes foram realizados por um especialista em gestão por processos, através da avaliação de duas empresas. Primeiramente, o especialista realizou a avaliação intuitiva, apenas usando seus conhecimentos sobre o tema e baseando-se

nos mesmos critérios utilizados pela ferramenta. Dessa forma, ele obteve um primeiro resultado sobre o nível de maturidade das duas empresas avaliadas. Num segundo momento, o especialista realizou uma nova avaliação das duas empresas citadas, mas desta vez utilizando a OrgMaturity-Tool. Ao final os resultados das duas análises foram comparados a fim de se verificar a eficácia da ferramenta quanto a sua capacidade de avaliação.

#### 4.6.1. Avaliação Empresa A

##### 4.6.1.1. Entradas dos elementos de Processo para Empresa A

Inicialmente o especialista respondeu as sentenças disponibilizadas na tela Processo. Para cada sentença foi atribuído um valor referente à maturidade da organização em relação ao cenário descrito. O especialista não descartou nenhum elemento como não relevante. As figuras 42, 43 e 44 apresentam as telas com as respostas para avaliação da empresa A, capturadas durante o teste. Todas as entradas inseridas para essa avaliação estão disponíveis no apêndice C.

Figura 42 – Entradas dos elementos de Processo empresa A.

OrgMaturity-Tool (Process)				
ATRIBUTO	ELEMENTO	RELEVÂNCIA	CENÁRIO	MATURIDADE
DESENHO	P R O P Ó S I T O	Sim	P1. O processo não foi desenhado do início ao fim. Gerentes funcionais usam o projeto legado principalmente como um contexto para a melhoria do desempenho funcional.	10
			P2. O processo foi remodelado de ponta-a-ponta a fim de otimizar seu desempenho.	10
			P3. O processo foi modelado para se conectar com os processos corporativos e com os sistemas corporativos de TI, a fim de otimizar o desempenho da empresa.	7
			P4. O processo foi modelado para se adequar aos processos de clientes e fornecedores, a fim de otimizar o desempenho interempresarial.	2
	C O N T Ê X T O	Sim	P1. As entradas, saídas, fornecedores e clientes dos processos foram identificados.	10
			P2. As necessidades dos clientes dos processos é conhecida e acordada.	10
			P3. O proprietário do processo e proprietários de outros processos com os quais o processo faz interface, estabeleceram expectativas mútuas de desempenho.	6
			P4. O proprietário do processo e proprietários de processos de clientes e fornecedores com os quais o	

Fonte: O autor, 2013.

Figura 43 - Entradas dos elementos de Organização para empresa A.

Microsoft Excel - OrgMaturityTool.xlsm-05-08-2013-empresa 1

Para cada sentença na planilha abaixo, escolha um valor de 0 a 10 que corresponda grau da maturidade da sua organização relativo ao cenário informado. Lembre-se que 0 indica que sua maturidade é muito baixa em relação ao cenário e que 10 indica uma alta maturidade em relação ao cenário descrito. Para a dimensão Organização (enterprise) todos os elementos de maturidade são imprescindíveis. Alguns alertas serão exibidos durante seu preenchimento para lhe ajudar nos seus julgamentos.

OrgMaturity-Tool (Enterprise)				
ATRIBUTO	ELEMENTO	RELEVÂNCIA	CENÁRIO	MATURIDADE
CONSCIÊNCIA	Sim		O1. O time empresarial executivo reconhece a necessidade de melhoria de desempenho operacional, mas tem apenas um conhecimento limitado do poder de processos de negócios.	10
			O2. Pelo menos um executivo sênior entende profundamente o conceito de processo de negócio, como a empresa pode utilizá-lo na melhoria de desempenho, e o que está envolvido nessa implementação.	3
			O3. O time executivo sênior visualiza a empresa em termos de processos e desenvolveu uma visão da empresa e seus processos.	
			O4. O time executivo sênior visualiza seu próprio trabalho em termos de processo e compreende a gestão de processo não como um projeto, mas como uma forma de gestão de negócios.	
ALINHAMENTO	Sim		O1. A liderança do programa do processo está nos cargos de gerência intermediária.	10
			O2. Um executivo sênior tomou liderança e responsabilidade do programa de processo.	10

Processo | **Organização** | Impacto | Resultados

Fonte: O autor, 2013.

Figura 44 - Entradas dos Impactos para empresa A.

Microsoft Excel - OrgMaturityTool.xlsm-05-08-2013-empresa 1

Cada sentença abaixo deverá ter um valor atribuído, definido em uma escala de 0 a 10, de acordo com seu grau de veracidade em relação a realidade da organização avaliada.

	Liderança		Cultura	
<b>Desenho</b>	1. O corpo gerencial da empresa entendem o potencial dos processos a partir do desenho e contribui para a melhoria do desempenho do processo, da empresa e do setor em que atuam?	Veracidade 8	1. O corpo social da empresa, a partir do desenho dos processos, identifica com clareza os clientes do processo e suas necessidades?	Veracidade 6
	2. O desenho do processo contribui para a redefinição dos papéis gerenciais?	Veracidade 2	2. A organização como um todo percebe que o cliente, interno e externo, é um valor para a organização?	Veracidade 3
<b>Executores</b>	1. Os líderes da organização assumem a postura de integrantes na execução dos processos?	Veracidade 4	1. A colaboração é generalizada (entre gestores, equipes, parceiros e terceiros) para agregar valor ao cliente?	Veracidade 2
	2. Os executantes do processo assumem a postura de líderes na satisfação dos clientes e na mudança para a melhoria dos processos visando o aumento do desempenho da empresa e do setor em que atuam?	Veracidade 5	2. Gestores, equipes, parceiros e terceiros assumem o papel de atores da produção?	Veracidade 3
<b>Proprietário</b>	1. A organização vertical integra os líderes de processos nas decisões de distribuição de recursos?	Veracidade 8	1. A organização insere os processos como alvo de análise estratégica?	Veracidade 8
	2. O líder do processo participa das decisões de alocação de		2. O líder do processo promove e se compromete com o	2. O líder d

Processo | Organização | **Impacto** | Resultados

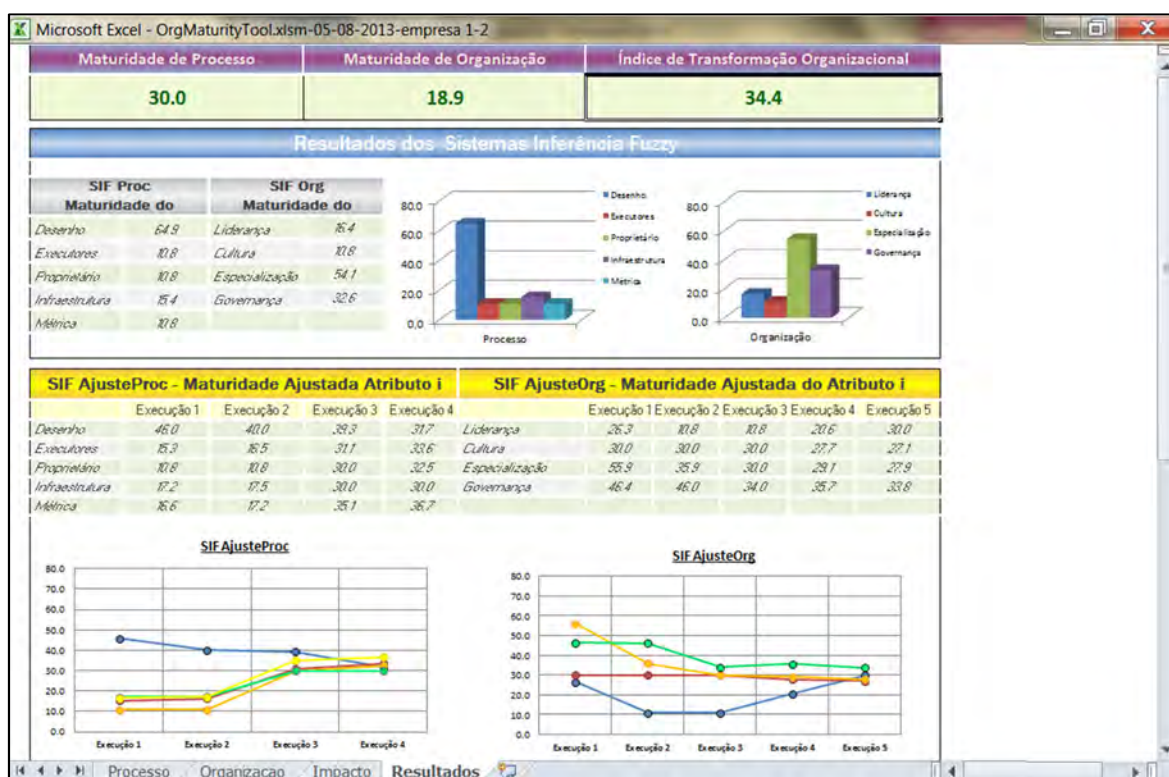
Fonte: O autor, 2013



## 4.6.1.2. Resultados para empresa A

Após o processamento das entradas inseridas pelo especialista, a tela resultados apresentou o ITO de 23,8, que é um índice baixo de transformação. Para maturidade de Processo foi obtido o valor 20,4 que se enquadraria entre os níveis N1 e N2. Para maturidade da Organização foi obtido valor de 10,8, que se enquadraria no nível N1, próximo a N2. A análise individual dos atributos de maturidade mostrou que existem fraquezas entre executores e proprietários de processos. Já o atributo Desenho inicialmente apresenta um bom resultado, porém após a execução do SIF Ajuste, percebe-se uma queda na sua maturidade, o que revela uma baixa contribuição para evolução da sua maturidade por parte dos demais atributos. A figura 45 apresenta os resultados para avaliação da empresa A.

Figura 45 - Tela Resultados avaliação da empresa A.



Fonte: O autor, 2013.

#### 4.6.2. Avaliação Empresa B

Da mesma forma como realizado no teste da empresa A, o especialista respondeu a todas as sentenças disponibilizadas nas telas Processo, Organização e Impacto. Todos os elementos também foram considerados relevantes pelo especialista. As figuras 46, 47 e 48 apresentam as entradas capturadas durante a execução do Teste. O apêndice C contém todas as entradas inseridas para essa avaliação.

Figura 46 – Entradas dos elementos de Processo para empresa B.

Elemento	Descrição	Pontuação
SISTEMAS DE INFORMAÇÃO	P1. Sistemas legados de TI, desconectados, apoiam o processo.	10
	P2. Um sistema de TI construído a partir de componentes funcionais apoia o processo.	10
	P3. Um sistema de TI integrado, projetado com o processo em mente e em conformidade com os padrões da empresa, apoia o processo.	10
	P4. Um sistema de TI com uma arquitetura modular que adere aos padrões da indústria para comunicação inter-empresarial suporta o processo.	8
SISTEMAS DE RH	P1. Gerentes funcionais recompensam a obtenção de excelência funcional e a resolução de problemas funcionais no contexto do processo.	10
	P2. O modelo do processo impulsiona definições de função, descrições de cargos, e perfis de competências. Formação profissional baseia-se na documentação do processo;	10
	P3. Sistemas de contratação, desenvolvimento, recompensa e reconhecimento enfatizam as necessidades dos processos e os resultado comparando-os com as necessidades da empresa.	10
	P4. Sistemas de contratação, desenvolvimento, recompensa e reconhecimento reforçam a importância da colaboração intra e interempresarial, aprendizagem pessoal e mudança organizacional.	9
D	P1. O processo tem um custo básico e algumas métricas de qualidade.	10
	P2. O processo tem métricas de ponto a ponto alinhando as necessidades do cliente.	

Fonte: O autor, 2013.

Figura 47 - Entradas dos elementos de Organização para empresa B.

Microsoft Excel - OrgMaturityTool.xlsm-05-08-2013-empresa 1  
Alguns alertas serão exibidos durante seu preenchimento para lhe ajudar nos seus julgamentos.

OrgMaturity-Tool (Enterprise)				
ATRIBUTO	ELEMENTO	RELEVÂNCIA	CENÁRIO	MATURIDADE
LIDERAÇÃO	CONSCIÊNCIA	Sim	O1. O time empresarial executivo reconhece a necessidade de melhoria de desempenho operacional, mas tem apenas um conhecimento limitado do poder de processos de negócios.	10
			O2. Pelo menos um executivo sênior entende profundamente o conceito de processo de negócio, como a empresa pode utilizá-lo na melhoria de desempenho, e o que está envolvido nessa implementação.	3
			O3. O time executivo sênior visualiza a empresa em termos da processo e desenvolveu uma visão da empresa e seus processos.	
	ALINHAMENTO	Sim	O1. A liderança do programa do processo está nos cargos de gerência intermediária.	10
			O2. Um executivo sênior tomou liderança e responsabilidade do programa de processo.	10
			O3. A um forte alinhamento no time sênior executivo em relação ao programa de processo. Há também uma rede de pessoas dentro da empresa ajudando a promover esforços para o processo.	10

Processo | Organização | Impacto | Resultados

Fonte: O autor, 2013.

Figura 48 – Entradas dos Impactos para empresa B.

Microsoft Excel - OrgMaturityTool.xlsm-05-08-2013-empresa2

Cada sentença abaixo deverá ter um valor atribuído, definido em uma escala de 0 a 10, de acordo com seu grau de veracidade em relação a realidade da organização avaliada.

Impactador ->	Liderança	Cultura	Es
Desenho	1. O corpo gerencial da empresa entendem o potencial dos processos a partir do desenho e contribui para a melhoria do desempenho do processo, da empresa e do setor em que atuam? Veracidade: 10	1. O corpo social da empresa, a partir do desenho dos processos, identifica com clareza os clientes do processo e suas necessidades? Veracidade: 10	1. O corpo social da empresa tem redesenhado processos de levar a mudanças a fim de alcançar de... Veracidade: 10
	2. O desenho do processo contribui para a redefinição dos papéis gerenciais? Veracidade: 8	2. A organização como um todo percebe que o cliente, interno e externo, é um valor para a organização? Veracidade: 10	2. O esforço de desenhar proce... competências gerenciais? Veracidade: 10
Executores	1. Os líderes da organização assumem a postura de integrantes na execução dos processos? Veracidade: 8	1. A colaboração é generalizada (entre gestores, equipes, parceiros e terceiros) para agregar valor ao cliente? Veracidade: 10	1. As metodologias de gestão d... formação dos executores dos p... Veracidade: 10
	2. Os executantes do processo assumem a postura de líderes na satisfação dos clientes e nas mudanças para a melhoria dos processos visando o aumento do desempenho da empresa e do setor em que atuam? Veracidade: 8	2. Gestore, equipes, parceiros e terceiros assumem o papel de atores da produção? Veracidade: 7	2. O corpo técnico e gerencial d... gestão por processo e de projet... efetivas? Veracidade: 7
Proprietário	1. A organização vertical integra os líderes de processos nas decisões de distribuição de recursos? Veracidade: 7	1. A organização insere os processos como alvo de análise estratégica? Veracidade: 10	1. Os gestores atuam como ag... iniciativas dos líderes de proces... Veracidade: 10
	2. O líder do processo participa das decisões de alocação de recursos e insere a equipe na decisão? Veracidade: 7	2. O líder do processo promove e se compromete com o alinhamento entre a missão institucional e o desempenho do processo Veracidade: 10	2. O líder do processo entende... como inerente a gestão? Veracidade: 10

Processo | Organização | Impacto | Resultados

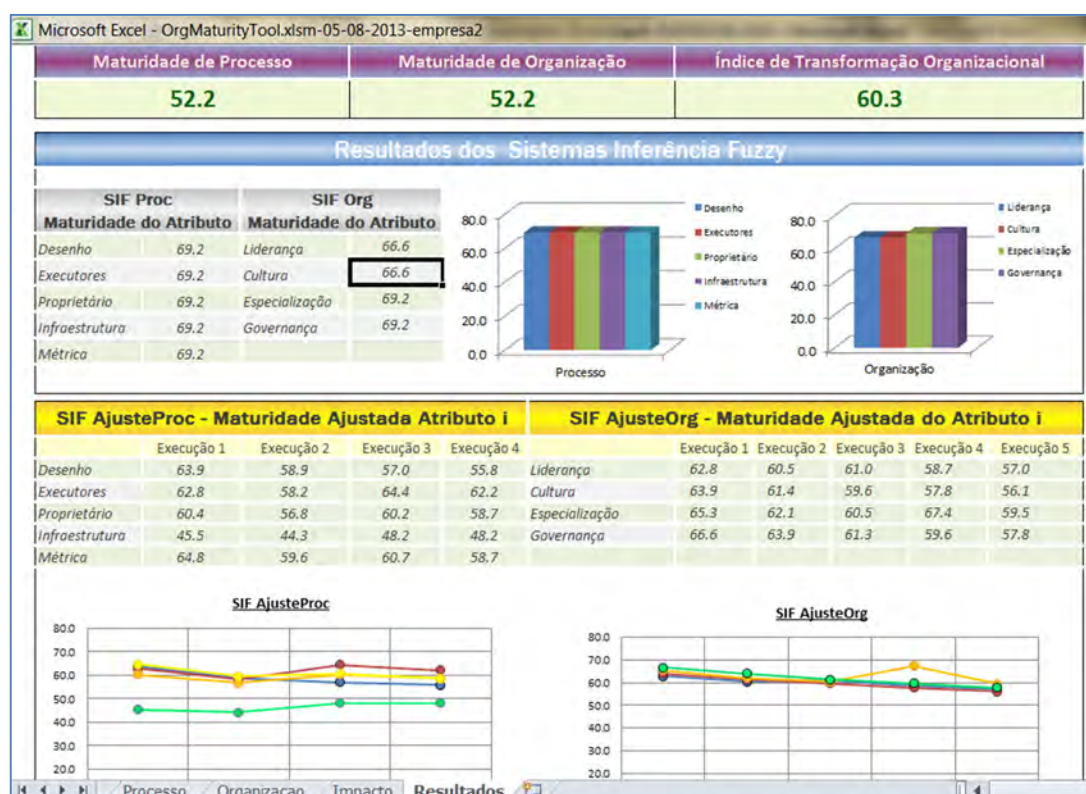
Fonte: O autor, 2013.



#### 4.6.2.1. Resultados para empresa B

A ferramenta apresentou o ITO de 60.3 para a empresa B. O que demonstra o alto índice de transformação. A maturidade para processo e organização se encaixou no nível N3. A análise individual dos atributos de maturidade mostra que a organização se encontra um pouco melhor na dimensão processo. O atributo Liderança e Cultura tiveram os menores índices, indicando que é preciso observar melhor esses quesitos para que não venham a serem empecilhos na evolução da organização. A figura 49 apresenta a tela Resultados para avaliação da empresa B.

Figura 49 – Tela Resultados da avaliação da empresa B



Fonte: O autor

#### 4.6.3. Análise dos Resultados

Os dois resultados indicados pela OrgMaturity-Tool foram aprovados pelo



especialista em gestão por processos.

Segundo a opinião do especialista, a empresa A estaria a princípio entre os níveis N1 e N2, pois considerou o grande potencial em relação a desenhos de processos. Após utilizar OrgMaturity-Tool, analisando seus resultados o especialista concordou que essa empresa realmente não está tão madura em relação à gestão por processos. A empresa A investiu fortemente em desenho, mas não conseguiu evoluir nos demais atributos o que acaba não contribuindo muito no seu processo de transformação. Esta avaliação detalhada da OrgMaturity-Tool foi apontada como uma facilidade da ferramenta. Assim foi possível realizar uma análise melhor e mais segura da empresa A tendo explicitas as justificativas do diagnóstico.

A empresa B possui uma alta habilidade em gestão por processos na opinião tanto do especialista como da OrgMaturity-Tool precisando apenas dar continuidade nos trabalhos de melhoria e monitorando pontos essenciais que podem vir a regredir sua evolução. Mais uma vez o especialista aprovou o resultado e identificou os pontos fortes e medianos na empresa B.

Assim sendo podemos constatar que para esses casos, os resultados gerados pela OrgMaturity-Tool mostram-se coerentes com os valores da tabela FAM de cada SIF.

Em relação à usabilidade o especialista não encontrou dificuldades para identificar os campos que deveriam ser preenchidos. Somente quanto às regras de validação, inicialmente não foi entendido as restrições aplicadas quando algum valor especial é atribuído. No entanto, após responder algumas sentenças foi compreendida a forma como a ferramenta impede a entrada de valores incoerentes. O especialista não teve dificuldades para interpretar os gráficos da tela Resultados.



## CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

A pesquisa de maturidade é realizada através da percepção dos funcionários e executivos sobre a efetividade das mudanças no modelo gestão. Essa atividade como é subjetiva pode variar muito em função da área, da qualificação, da experiência e da cultura dos indivíduos. Portanto, produzir um indicador que dimensione a maturidade da gestão para inovar o modelo organizacional é preponderante entretanto não é uma tarefa simples.

O modelo PEMM auxiliou nesse processo de definição de um índice de transformação organizacional, por considerar as duas vertentes essenciais, Processo e Organização, no que diz respeito à gestão por processos. Embora trate esses critérios de forma separada, foi possível agregar seus resultados obtendo-se o ITO como um indicador global da maturidade organizacional.

As contribuições desse trabalho são a proposta de um modelo de auto avaliação de implantação de gestão por processos com a criação do ITO e da aplicação de sistemas de inferência fuzzy na OrgMaturity-Tool para aproveitar os modelos de maturidade para determinar o nível da empresa e onde se deve aplicar os esforços de melhoria. A proposta de uso de fuzzy foi apresentada no Congresso....

A OrgMaturity-Tool é uma ferramenta inovadora, pois permite entender o estado de uma organização de forma automatizada, utilizando sistemas de inferência fuzzy para realizar esse trabalho. Os resultados gerados pela avaliação auxiliam os executivos a identificarem pontos-chaves que merecem atenção e a diagnosticar a transformação das empresas; Estas podem, apesar de esforços no sentido da implantação de gestão por processos, está até mesmo regredindo no seu processo de transformação. Um modelo de avaliação que considera as transformações organizacionais orienta e auxilia o corpo técnico e gerencial na difícil tarefa de assumirem juntos compromissos de mudança.

A maior inovação foi à utilização de sistemas de inferência fuzzy na resolução de um problema que atinge o âmbito da Administração, introduzindo a área de Ciências Computacionais a outras áreas de conhecimento. Essa interdisciplinaridade aproxima diferentes áreas agregando um maior valor ao trabalho apresentado. A

lógica fuzzy permitiu contemplar diversas variáveis que envolvem o tema gestão por processos, reduzindo dessa maneira a perda de informações. Muitos modelos de avaliação da literatura acabam em algum momento partindo para uma forma abrupta de decisão, tornando a avaliação menos rica. Com a utilização da lógica fuzzy, todos os parâmetros de avaliação sugeridos por especialistas contribuem de forma efetiva no processo de análise.

A OrgMaturity-Tool é apenas um protótipo inicial para avaliação de maturidade. Sua estrutura de implementação foi desenhada numa arquitetura modular o que possibilita que mais variáveis sejam consideradas, caso algum especialista decida incluir mais parâmetros para avaliação. Seus resultados auxiliam executivos e especialistas a identificarem pontos básicos de possíveis problemas, porém mais indicadores poderiam ser construídos a partir dos resultados calculados.

Como trabalho futuro mais testes devem ser elaborados no intuito de aperfeiçoar seu motor de inferência. Um roteiro de testes poderia ser preparado para validar todas as regras existentes na sua base de conhecimento, aumentando dessa forma a confiabilidade da ferramenta.

Além disso, uma funcionalidade de simulação poder ser criada para indicar o cenário resultante após mudanças nos itens que se apresentaram como pontos falhos para a organização. Por exemplo, apresentar o impacto gerado ao se realizar melhorias em pontos ainda não maduros, a fim de apoiar o estudo do impacto desses fatores na organização durante essa transição. Dessa forma, executivos poderiam antever os efeitos da implantação de mudanças nesses pontos. Como perspectivas futuras para o protótipo, o objetivo é a sua utilização por especialista da administração a fim de validar seus resultados e auxiliando os mesmos nas suas análises. O quadro faz uma breve análise sobre os modelos de maturidade analisados nesta dissertação e a OrgMaturity-Tool.

Quadro 20 – Análise dos modelos de maturidade

<b>Fatores</b>	<b>OrgMaturity-Tool</b>	<b>PEMM</b>	<b>BPMM</b>	<b>CMMI</b>
Tratamento de processos de negócios	Sim	Sim	Sim	Não
Complexidade quanto à forma de análise	Baixa	Média	Alta	Alta
Realização de análise global da organização	Sim	Não	Sim	Sim
Diferenciação do tipo de negócio	Sim	Não	Sim	Sim
Forma de avaliação	Global	Parcial	Global	Global

Fonte: O autor, 2013.

## REFERÊNCIAS

- BALDAM, R., VALLE, R., PEREIRA, H., HILST, S., ABREU, M., SOBRAL, V. Gerenciamento de Processos de Negócios: BPM – Business Process Management. 2ª ed. São Paulo: Érica. 2007.
- BENINI, LUIZ CARLOS. Estimacão da densidade de solos utilizando sistemas de inferência fuzzy. 2007. **Tese (Doutorado em . Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronmicas.**
- BONISSONE, Piero P.; DECKER, Keith S. Selecting uncertainty calculi and granularity: An experiment in trading-off precision and complexity. In: Uncertainty in artificial intelligence. Amsterdam, The Netherlands: North-Holland, 1986. p. 217-247.
- CBOK, BPM. Guide to the Business Process Management Common Body of Knowledge. 2009. CLASS APPRAISAL, Software Engineering Institute. CMMI **Appraisal Classes. Disponível em:** <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/solutions/appraisals/classes.cfm>. **Acesso em: 12 ago 2013.**
- CMMI-ACQ, Version 1.3, Improving processes for acquiring better products and services. N CMU/SEI-2010-TR-032. Software Engineering Institute, 2010.
- CMMI-DEV, Version 1.3, Improving processes for developing better products and services. N CMU/SEI-2010-TR-033. Software Engineering Institute, 2010.
- CMMI-SM, Software Engineering Institute. CMMI for Systems Engineering, Software Engineering, Integrated Product and Process Development, and Supplier Sourcing Version 1.1. Março 2002.
- CMMI-SVC, Version 1.3, Improving processes for providing better services. **endereço**
- DELGADO, MRBS. Projeto automático de sistemas nebulosos: uma abordagem coevolutiva. 2002. 186p. 2002. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica/Engenharia de Computaco). Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computaco.
- DESCHRIJVER, Glad; CORNELIS, Chris; KERRE, Etienne E. On the representation of intuitionistic fuzzy t-norms and t-conorms. Fuzzy Systems, IEEE Transactions on, v. 12, n. 1, p. 45-61, 2004.
- DREYFUSS, Cassio. As redes e a gestão das organizaoes. Rio de Janeiro : Guide, 1996.

DUBOIS, Didier; PRADE, Henri. Fuzzy sets in approximate reasoning, part 1: inference with possibility distributions. *Fuzzy sets and systems*, v. 40, n. 1, p. 143-202, 1991.

ELOGROUP. Gestão de maturidade em BPM. Março 2009. Disponível em [http://www.elogroup.com.br/download/Artigo\\_Gestao%20da%20Maturidade%20em%20BPM.pdf](http://www.elogroup.com.br/download/Artigo_Gestao%20da%20Maturidade%20em%20BPM.pdf). Visualizado em junho/2013.

GONÇALVES, J. E. L. As empresas são grandes coleções de processos. *Revista de Administração de Empresas*. São Paulo, FGV, 40(1):6-19, jan./mar. 2000.

GRABISCH, Michel; ORLOVSKI, Sergei A.; YAGER, Ronald R. Fuzzy aggregation of numerical preferences. In: *Fuzzy sets in decision analysis, operations research and statistics*. Springer US, 1998. p. 31-68.

GRAHAM, Morris, LEBARON, Melvin. The horizontal revolution. San Francisco: Jossey-Bass, 1994. (appud)

HAMMER, M. Towards the twenty-first century enterprise. Boston: Hammer & Co., 1996.

HAMMER, M. The Process Audit. *Harvard Business Review*. Abr, 2007.

HAMMER, Michael; CHAMPY, James. Reengineering the corporation. Harper Business, 1988.

HARMON, P. BPM Methodologies and Process Maturity. *BPTrends Business Process Trends*. Volume 4, numero 9. Maio, 2006.

HARMON, P. BPTrend, *Business Process Trends Vol 1*, nr 7. Julho, 2008.

JAMES, Martin. Cybercorp, the new business revolution. AMACOM, New York, 1996.

JANG, J. S. R. Fuzzy inference systems. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*, p. 73-91, 1997.

KEEN, Peter G. The process edge. Cambridge: Harvard Business School Press, 1997.

MATLAB Fuzzy Logic Toolbox: for Use with MATLAB: User's Guide. MathWorks, Incorporated, 1998.

MUKAIDONO, Masao. Fuzzy logic for beginners. World Scientific, 2001.

MUNAKATA, Toshinori; JANI, Yashvant. Fuzzy systems: an overview. *Communications of the ACM*, v. 37, n. 3, p. 68-76, 1994.

OLDING, Elise. *StrAIT Blogging-Gartner Studie-It's a Matter of Survival: Use BPM to Drive Out Costs*, v. 12, 2009.

OMG, Object Management Group. Business Process Maturity Model. Version 1.0. Junho, 2008. Nº CMU/SEI-2010-TR-034. Software Engineering Institute, 2010.

OMG, Object Management Group. Business Process Maturity Model. Version 1.0. Junho, 2008

ORTEGA, Neli Regina Siqueira. Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy a problemas da Biomedicina. 2001. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo(USP): Instituto de Física/USP.

RAPELLO, Claudio. Teste de Sistemas de Informações Geográficas com Lógica Nebulosa. 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro UERJ. Faculdade de Engenharia

SANDRI, Sandra; CORREA, Cláudio. Lógica nebulosa. Escola de redes neurais: Conselho Nacional de Redes Neurais, v. 5, p. 73-90, 1999.

SCAMPI-A, Software Engineering Institute. Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement. Version 1.3: Method Definition Document. Março 2011.

SCAMPI-B&C, Software Engineering Institute. Handbook for Conducting Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI) B and C Appraisals, Version 1.1. Dezembro 2005.

MPS-BR, Melhoria de Processo do Software Brasileiro. Guia Geral, v. 1, 2005.

Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI) B and C Appraisals, Version 1.1. Dezembro 2005.

SEI-TN004, Software Engineering Institute. TN-0004 Interpreting Capability Maturity Model Integration (CMMI) for Business Development organizations in the Government and Business Sectors, 2007.

SIQUEIRA, Jairo. O Modelo de Maturidade de Processos: como maximizar o retorno dos investimentos em melhoria da qualidade e produtividade. IBQN, Brasil, <http://www.ibqn.com.br>, Fevereiro, 2005.

VON ALTROCK, Constantin. Fuzzy logic and neurofuzzy applications in business and finance. Prentice-Hall, Inc., 1996.

WEBER, Leo; KLEIN, Pedro Antonio Trierweiler. Aplicação da lógica fuzzy em software e hardware. Editora da ULBRA, 2003.

ZADEH, L. A. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, v.3:29, n.1, 28-44, jan. 1973

ZADEH, Lotfi A. THE BIRTH AND EVOLUTION OF FUZZY LOGIC\*. International Journal Of General System, v. 17, n. 2-3, p. 95-105, 1990



ZADEH, Lotfi Asker. Fuzzy logic. *Computer*, v. 21, n. 4, p. 83-93, 1988

ZADEH, Lotfi Asker. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. *Information sciences*, v. 8, n. 3, p. 199-249, 1975.

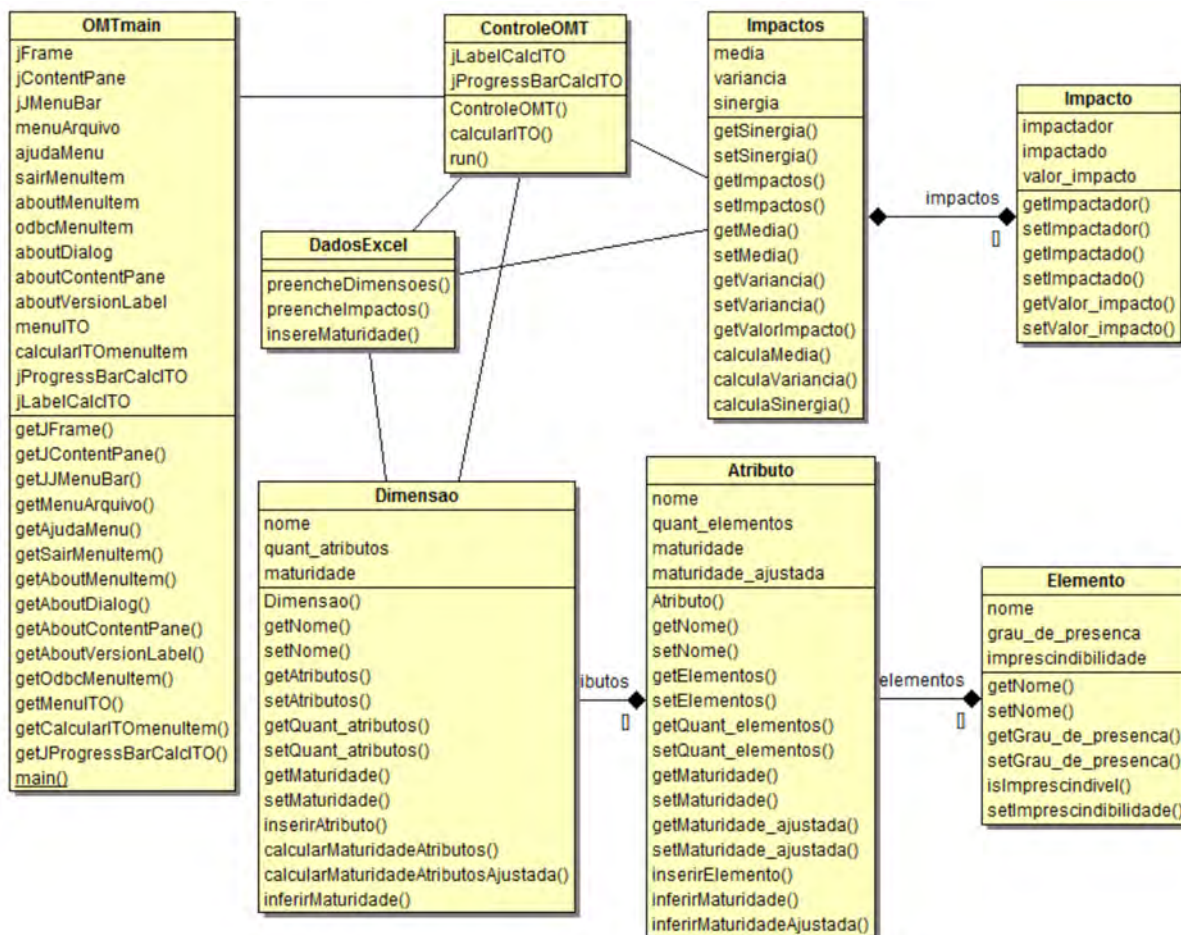
ZIMMERMANN, Hans Jürgen. *Fuzzy set theory-and its applications*. Springer, 2001.

## APENDICE A – Impacto entre os atributos de maturidade

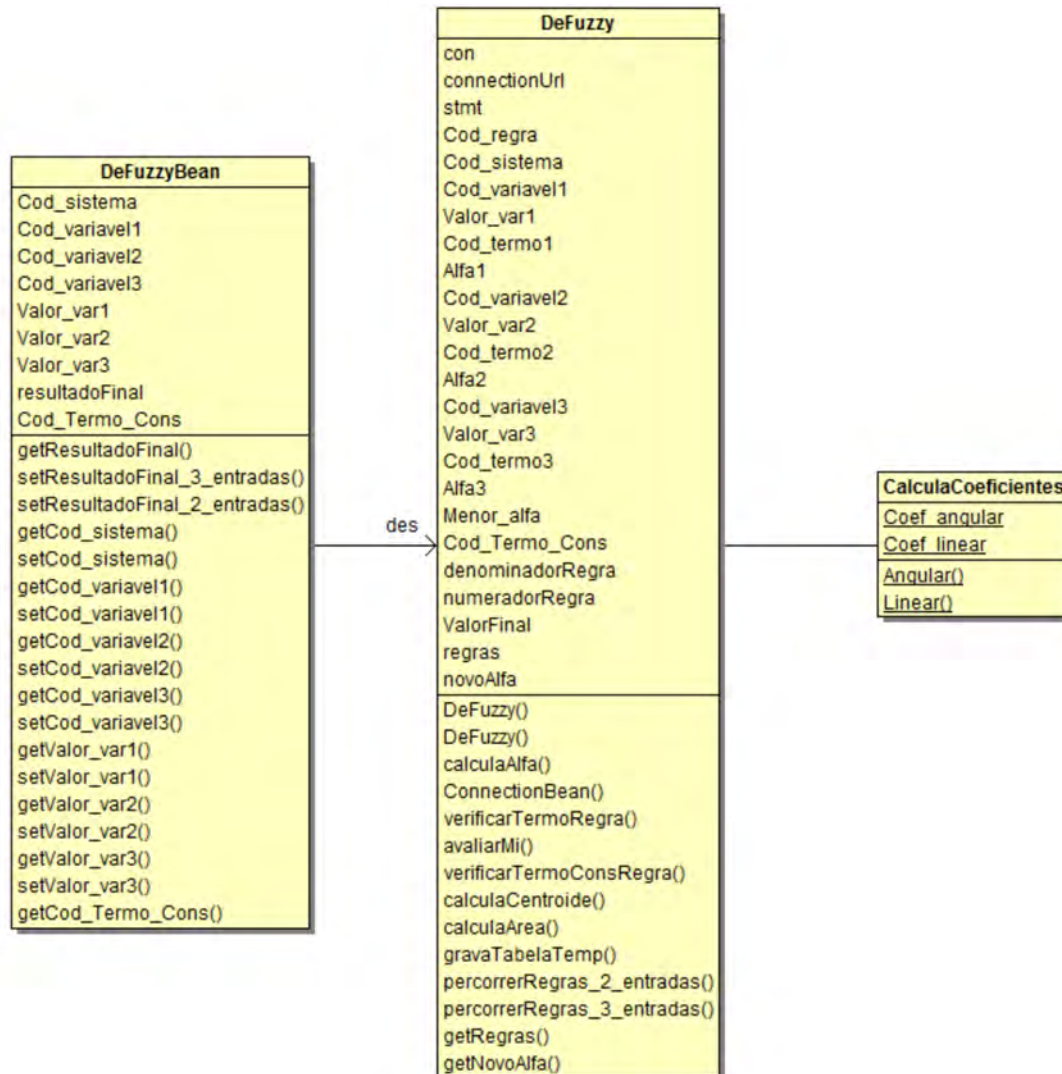
	<b>liderança</b>	<b>cultura</b>	<b>especialização</b>	<b>governança</b>
<b>desenho</b>	<p>1. corpo gerencial da empresa entendem o potencial dos processos a partir do desenho e contribui para a melhoria do desempenho do processo, da empresa e do setor em que atuam?</p> <p>2. o desenho do processo contribui para a redefinição dos papéis gerenciais?</p>	<p>1. o corpo social da empresa, a partir do desenho dos processos, identifica com clareza os clientes do processo e suas necessidades?</p> <p>2. A organização como um todo percebe que o cliente, interno e externo, é um valor para a organização?</p>	<p>1. o corpo social da empresa tem competência para redesenhar processos de levar a cabo os planos de mudanças a fim de alcançar desempenho?</p> <p>2. o esforço de desenhar processos desenvolve competências gerenciais?</p>	<p>1. As decisões estratégicas e operacionais emergem nas equipes e na hierarquia a partir do conhecimento produzido pelo desenho do processo</p> <p>2. As decisões estratégicas e operacionais se transformam em planos de melhoria de processo?</p>
<b>executores</b>	<p>1. Os líderes da organização assumem a postura de integrantes na execução dos processos?</p> <p>2. os executantes do processo assumem a postura de líderes na satisfação dos clientes e nas mudanças para a melhoria dos processos visando o aumento do desempenho da empresa e do setor em que atuam?</p>	<p>1. A colaboração é generalizada (entre gestores, equipes, parceiros e terceiros) para agregar valor ao cliente?</p> <p>2. gestores, equipes, parceiros e terceiros assumem o papel de atores da produção?</p>	<p>1. as metodologias de gestão de processos integram a formação dos executores dos processos?</p> <p>2. corpo técnico e gerencial domina as metodologias de gestão por processo e de projetos para promover mudanças efetivas</p>	<p>1. A organização insere a coordenação horizontal e vertical no modelo de gestão organizacional?</p> <p>2. as equipes de processos colaboram horizontalmente a fim de alcançar desempenho dos processos?</p>
<b>proprietário</b>	<p>1. A organização vertical integra os líderes de processos nas decisões de distribuição de recursos?</p> <p>2. o líder do processo participa das decisões de alocação de recursos e insere a equipe na decisão?</p>	<p>1. A organização insere os processos como alvo de análise estratégica?</p> <p>2. O líder do processo promove e se compromete com o alinhamento entre a missão institucional e o desempenho do processo</p>	<p>1. Os gestores atuam como agentes de mudanças apoiando iniciativas dos líderes de processos</p> <p>2. o líder do processo entende a mudança nos processos como inerente a gestão</p>	<p>1. Os líderes de processos são vistos como uma rede para a solução de problemas complexos?</p> <p>2. o líder do processo toma parte na estrutura de governança e promove a integração entre equipe e agentes externos</p>
<b>infraestrutura</b>	<p>1. os gestores da organização entendem os processos como meio para integrar sistemas e aperfeiçoar a gestão de pessoas?</p> <p>2. A melhoria de processos pela automação mais integrada e as expectativas das pessoas por recompensas diferenciadas aperfeiçoam capacidades de liderança?</p>	<p>1. A organização está fundamentada em equipes, projetos e integração de tecnologia</p> <p>2. O aperfeiçoamento da infraestrutura é visto como capacidade do processo em detrimento da visão de custos?</p>	<p>1. pessoas são vistas como capital organizacional e tecnologia como capital estrutural da organização?</p> <p>2. critério de gestão de pessoas e atualização tecnológica são constantemente empreendidos?</p>	<p>1. senso de missão está presentes integra a gestão de pessoas e de tecnologia?</p> <p>2. a infraestrutura apoia processos, responsabilidades e integração horizontal?</p>
<b>métrica</b>	<p>1. A liderança toma decisão com base nas métricas fornecidas?</p> <p>2. corpo técnico e gerencial da empresa revisam métrica?</p>	<p>1. As métricas de desempenho são vistas como compromissos da organização com clientes e a sociedade?</p> <p>2. As métricas desenvolvem consciência sobre a importância da avaliação de desempenho?</p>	<p>1. Estratégias são influenciadas pelas métricas de desempenho?</p> <p>2. os critério de medição e avaliação do desempenho desenvolvem as equipes de trabalho?</p>	<p>1. O corpo técnico e gerencial presta contas com base nas métricas de desempenho alinhadas ao planejamento estratégico da empresa?</p> <p>2. as métricas influenciam desempenho e responsabilidade?</p>

## APÊNDICE B – Classes com seus componentes da OrgMaturity-Tool.

### B.1 – Camadas de Visão, Controle e Modelo



## B.2 – Camadas de Modelo da Inferência Fuzzy



## APÊNDICE C – Entradas para avaliação da empresa A na OrgMaturity-Tool.

### C.1 – Elementos de Processo e Organização

Dimensão	Atributo	Elemento	P1	P2	P3	P4	Dimensão	Atributo	Elemento	O1	O2	O3	O4
Processo	Desenho	Propósito	10	10	7	2	Organização	Liderança	Consciência	10	3	10	10
		Contexto	10	10	6	0			Alinhamento	10	10	10	10
		Documentação	10	10	10	10			Atitude	10	10	10	10
	Conhecimento	5	0	0	0	Estilo			10	10	10	10	
	Executores	Habilidades	9	7	0	0		Cultura	Trabalho em Equipe	6	5	0	0
		Comportamento	3	0	0	0			Foco no cliente	5	0	0	0
	Proprietário	Identidade	4	0	0	0			Comprometimento	10	5	0	0
		Atividades	10	5	0	0			Atitude quanto à mudanças	10	1	0	0
		Autoridade	10	5	0	0			Especialização	Pessoas	10	8	5
	Infraestrutura	Sistemas de Informação	8	5	0	0		Metodologia		10	10	8	3
		Sistemas de RH	9	5	0	0		Governança	Modelo de Processos	10	2	0	0
	Métrica	Definição	8	0	0	0			Responsabilidades	10	8	3	0
		Práticas	3	0	0	0			Integração	10	9	9	0

### C.2 – Impacto entre atributos

Dimensão	impactador	impactado	valor do impacto	Dimensão	impactador	impactado	valor do impacto	
Processo	Desenho	Liderança	2	Organização	Liderança	Desenho	8	
		Cultura	3			Executores	4	
		Especialização	8			Proprietário	8	
		Governança	4			Infraestrutura	9	
	Executores	Liderança	5			Cultura	Métrica	5
		Cultura	3				Desenho	6
		Especialização	8		Executores		2	
	Proprietário	Governança	5		Proprietário		8	
		Liderança	4		Infraestrutura		3	
		Cultura	8		Métrica	2		
		Especialização	8		Especialização	Desenho	8	
	Governança	7	Executores			6		
	Infraestrutura	Liderança	1			Proprietário	4	
		Cultura	7			Infraestrutura	9	
		Especialização	5		Métrica	4		
		Governança	5		Governança	Desenho	2	
	Métrica	Liderança	8			Executores	5	
		Cultura	5			Proprietário	3	
		Especialização	4			Infraestrutura	5	
		Governança	3			Métrica	8	

## APÊNDICE D – Entradas para avaliação da empresa B na OrgMaturity-Tool.

### D.1. – Elementos de Processo e Organização

Dimensão	Atributo	Elemento	P1	P2	P3	P4	Dimensão	Atributo	Elemento	O1	O2	O3	O4
Processo	Desenho	Propósito	10	10	10	10	Organização	Liderança	Consciência	10	10	10	10
		Contexto	10	10	10	0			Alinhamento	10	10	10	9
		Documentação	10	10	10	10			Atitude	10	10	10	10
	Executores	Conhecimento	10	10	10	10			Estilo	10	10	10	10
	Executores	Habilidades	10	7	10	10		Cultura	Trabalho em Equipe	10	10	10	10
		Comportamento	10	10	10	10			Foco no cliente	10	10	10	9
		Proprietário	Identidade	10	10	10			10	Comprometimento	10	10	10
	Atividades		10	10	10	10			Atitude quanto à mudanças	10	10	9	9
	Proprietário	Autoridade	10	10	10	8		Especialização	Pessoas	10	10	9	9
		Infraestrutura	Sistemas de Informação	10	10	10			8	Metodologia	10	10	10
			Sistemas de RH	10	10	10		9	Governança	Modelo de Processos	10	10	10
	Métrica	Definição	10	10	10	10		Responsabilidades		10	10	9	8
		Práticas	10	10	10	10		Integração		10	9	9	9

### D.2. – Impacto entre atributos

Dimensão	impactador	impactado	valor do impacto	Dimensão	impactador	impactado	valor do impacto
Processo	Desenho	Liderança	8	Organização	Liderança	Desenho	10
		Cultura	10			Executores	8
		Especialização	8			Proprietário	7
		Governança	10			infraestrutura	10
	Executores	Liderança	8			Métrica	5
	Executores	Cultura	7		Cultura	Desenho	10
		Especialização	8			Executores	10
		Governança	10			Proprietário	10
	Proprietário	Liderança	7			infraestrutura	10
		Cultura	10		Métrica	10	
		Especialização	8		Especialização	Desenho	8
	Governança	9	Executores			6	
	Infraestrutura	Liderança	8			Proprietário	4
		Cultura	8			infraestrutura	9
		Especialização	5		Métrica	4	
		Governança	9		Governança	Desenho	8
Métrica	Liderança	10	Executores	10			
	Cultura	10	Proprietário	8			
	Especialização	4	infraestrutura	10			
	Governança	10	Métrica	10			



# ANEXO A – The Process Audit - How Mature Are Your PROCESSES?

		To be used in conjunction with "The Process Audit" by Michael Hammer (HBR April 2007, Reprint R0704H).			
		How Mature Are Your PROCESSES? You can evaluate the maturity of a business process and determine how to improve its performance by using this table. Decide how the statements defining the strength levels, from P-1 to P-4, for each enabler apply to the process that you are assessing. If a statement is largely true (at least 80% correct), color the cell green; if it is somewhat true (between 20% and 80% correct), shade the cell yellow; and if it is largely untrue (less than 20% correct), mark the cell red.			
		P-1	P-2	P-3	P-4
		GREEN: largely true	YELLOW: somewhat true	RED: largely untrue	
<b>Design Purpose</b>	<b>Purpose</b>	The process has not been designed on an end-to-end basis. Functional managers use the legacy design primarily as a context for functional performance improvement.	The process has been redesigned from end to end in order to optimize its performance.	The process has been designed to fit with other enterprise processes and with the enterprise's IT systems in order to optimize the enterprise's performance.	The process has been designed to fit with customer and supplier processes in order to optimize interenterprise performance.
	<b>Context</b>	The process's inputs, outputs, suppliers, and customers have been identified.	The needs of the process's customers are known and agreed upon.	The process owner and the owners of the other processes with which the process interfaces have established mutual performance expectations.	The process owner and the owners of customer and supplier processes with which the process interfaces have established mutual performance expectations.
<b>Documentation</b>	<b>Documentation</b>	The documentation of the process is primarily functional, but it identifies the interconnections among the organizations involved in executing the process.	There is end-to-end documentation of the process design.	The process documentation describes the process's interfaces with, and expectations of, other processes and links the process to the enterprise's system and data architecture.	An electronic representation of the process design supports its performance and management and allows analysis of environmental changes and process reconfigurations.
	<b>Performers Knowledge</b>	Performers can name the process they execute and identify the key metrics of its performance.	Performers can describe the process's overall flow, how their work affects customers, other employees in the process, and the process's performance; and the required and actual performance levels.	Performers are familiar both with fundamental business concepts and with the drivers of enterprise performance and can describe how their work affects other processes and the enterprise's performance.	Performers are familiar with the enterprise's industry and its trends and can describe how their work affects interenterprise performance.
<b>Skills</b>	<b>Skills</b>	Performers are skilled in problem solving and process improvement techniques.	Performers are skilled in teamwork and self-management.	Performers are skilled at business decision making.	Performers are skilled at change management and change implementation.
	<b>Behavior</b>	Performers have some allegiance to the process, but owe primary allegiance to their function.	Performers try to follow the process design, perform it correctly, and work in ways that will enable other people who execute the process to do their work effectively.	Performers strive to ensure that the process delivers the results needed to achieve the enterprise's goals.	Performers look for signs that the process should change, and they propose improvements to the process.
<b>Owner</b>	<b>Identity</b>	The process owner is an individual or a group informally charged with improving the process's performance.	Enterprise leadership has created an official process owner role and has filled the position with a senior manager who has clout and credibility.	The process comes first for the owner in terms of time allocation, mind share, and personal goals.	The process owner is a member of the enterprise's senior-most decision-making body.
	<b>Activities</b>	The process owner identifies and documents the process; communicates it to all the performers, and sponsors small-scale change projects.	The process owner articulates the process's performance goals and a vision of its future; sponsors redesign and improvement efforts; plans their implementation; and ensures compliance with the process design.	The process owner works with other process owners to integrate processes to achieve the enterprise's goals.	The process owner develops a rolling strategic plan for the process, participates in enterprise-level strategic planning, and collaborates with his or her counterparts working for customers and suppliers to sponsor interenterprise process-redesign initiatives.
<b>Infrastructure</b>	<b>Authority</b>	The process owner lobbies for the process but can only encourage functional managers to make changes.	The process owner can convene a process redesign team and implement the new design and has some control over the technology budget for the process.	The process owner controls the IT systems that support the process and any projects that change the process and has some influence over personnel assignments and evaluations as well as the process's budget.	The process owner controls the process's budget and exerts strong influence over personnel assignments and evaluations.
	<b>Information Systems</b>	Fragmented legacy IT systems support the process.	An IT system constructed from functional components supports the process.	An integrated IT system, designed with the process in mind and adhering to enterprise standards, supports the process.	An IT system with a modular architecture that adheres to industry standards for interenterprise communication supports the process.
<b>Metrics</b>	<b>Human Resource Systems</b>	Functional managers reward the attainment of functional excellence and the resolution of functional problems in a process context.	The process's design drives role definitions, job descriptions, and competency profiles. Job training is based on process documentation.	Hiring, development, reward, and recognition systems emphasize the process's needs and results and balance them against the enterprise's needs.	Hiring, development, reward, and recognition systems reinforce the importance of intra- and interenterprise collaboration, personal learning, and organizational change.
	<b>Definition</b>	The process has some basic cost and quality metrics.	The process has end-to-end process metrics derived from customer requirements.	The process's metrics as well as cross-process metrics have been derived from the enterprise's strategic goals.	The process's metrics have been derived from interenterprise goals.
<b>Uses</b>	<b>Uses</b>	Managers use the process's metrics to track its performance, identify root causes of faulty performance, and drive functional improvements.	Managers use the process's metrics to compare its performance to benchmarks, best-in-class performance, and customer needs and to set performance targets.	Managers present the metrics to process performers for awareness and motivation. They use dashboards based on the metrics for day-to-day management of the process.	Managers regularly review and refresh the process's metrics and targets and use them in strategic planning.

Copyright © 2007, Harvard Business School Publishing Corporation. All rights reserved.

Harvard Business Review



**ANEXO B – The Process Audit – How Mature is Your ENTERPRISE?**

To be used in conjunction with "The Process Audit" by Michael Hammer (HBR April 2007, Reprint R0704H).

**How Mature Is Your ENTERPRISE?**

To determine if your organization is ready to support a process-based transformation, evaluate the statements in this table. They show the strength levels, from E-1 to E-4, of the capabilities that enterprises need in order to develop their busi-




ness processes. If a statement is at least 80% correct, color the cell green; if it is between 20% and 80% correct, shade it yellow; and if it is less than 20% correct, make it red.

E-1

E-2

E-3

E-4

		
GREEN: largely true	YELLOW: somewhat true	RED: largely untrue

Leadership	Awareness	Alignment	Behavior	Style	Culture	Expertise	Governance Model	Accountability	Integration
The enterprise's senior executive team recognizes the need to improve operational performance but has only a limited understanding of the power of business processes.	At least one senior executive deeply understands the business process concept, how the enterprise can use it to improve performance, and what is involved in implementing it.	A senior executive has taken leadership of, and responsibility for, the process program.	A senior executive has publicly set stretch performance goals in customer terms and is prepared to commit resources, make deep changes, and remove roadblocks in order to achieve those goals.	The senior executive team leading the process program is passionate about the need to change and about process as the key tool for change.	The enterprise commonly uses cross-functional project teams for improvement efforts.	A cadre of experts has skills in process redesign and implementation, project management, communications, and change management.	The enterprise has identified some business processes.	Functional managers are responsible for performance; project managers for improvement projects.	One or more groups advocate and support possibly distinct operational improvement techniques.
The senior executive team views the enterprise in process terms and has developed a vision of the enterprise and its processes.	There is strong alignment in the senior executive team regarding the process program. There is also a network of people throughout the enterprise helping to promote process efforts.	Senior executives operate as a team, manage the enterprise through its processes, and are actively engaged in the process program.	The senior executive team has delegated control and authority to process owners and process performers.	Teamwork is the norm among process performers and is commonplace among managers.	Employees understand that customers demand uniform excellence and a seamless experience.	Employees feel accountable for enterprise results.	The enterprise process model has been communicated throughout the enterprise; is used to drive project prioritization, and is linked to enterprise-level technologies and data architectures.	Process owners share accountability for the enterprise's performance.	A formal program management office, headed by a chief process officer, coordinates and integrates all process projects, and a process council manages interprocess integration issues. The enterprise manages and deploys all process improvement techniques and tools in an integrated manner.
The senior executive team sees its own work in process terms and perceives process management not as a profit but as a way of managing the business.	People throughout the enterprise exhibit enthusiasm for process management and play leadership roles in process efforts.	The members of the senior executive team perform their own work as processes, center strategic planning on processes, and develop new business opportunities based on high-performance processes.	The senior executive team exercises leadership through vision and influence rather than command and control.	Teamwork with customers and suppliers is commonplace.	Employees focus on collaborating with trading partners to meet the needs of final customers.	Employees feel a sense of mission in serving customers and achieving ever-better performance.	Employees recognize change as inevitable and embrace it as a regular phenomenon.	The enterprise has extended its process model to connect with those of customers and suppliers. It also uses the model in strategy development.	Process owners work with their counterparts in customer and supplier enterprises to drive interenterprise process integration.

Copyright © 2007, Harvard Business School Publishing Corporation. All rights reserved.

Harvard Business Review