

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DANIEL FRANCO DOS REIS ALVES

**ASPECTOS DA SUSTENTABILIDADE PARA A ENGENHARIA E  
INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS**

BAURU

2014

DANIEL FRANCO DOS REIS ALVES

**ASPECTOS DA SUSTENTABILIDADE PARA A ENGENHARIA E  
INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção pela Faculdade de Engenharia de Bauru da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

**Área de concentração:**  
Gestão de operação e sistemas

**Orientador:**  
Prof. Dr. Fernando Bernardi de Souza

**Co-orientador:**  
Prof. Dr. Renato de Campos

Bauru

2014

Reis Alves, Daniel Franco dos  
Aspectos da sustentabilidade para a engenharia e  
integração de empresas / Daniel Franco dos Reis Alves,  
2014.

105 folhas

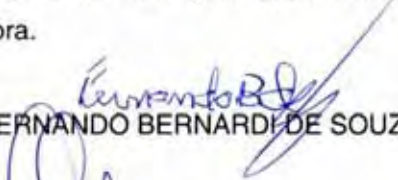
Orientador: Fernando Bernardi de Souza  
Coorientador: Renato de Campos

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual  
Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2014

1. Engenharia e integração de empresas. 2.  
Desenvolvimento sustentável. 3. Arquitetura de empresas.  
4. GERAM. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de  
Engenharia. II. Título.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE DANIEL FRANCO DOS REIS ALVES, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.**

Aos 30 dias do mês de janeiro do ano de 2014, às 09:30 horas, no(a) ANFITEATRO DA PÓS-GRADUAÇÃO DA FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. FERNANDO BERNARDI DE SOUZA do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Dr. JOSE DE SOUZA RODRIGUES do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Dr. FÁBIO MULLER GUERRINI do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Escola de Engenharia de São Carlos-USP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de DANIEL FRANCO DOS REIS ALVES, intitulado "ASPECTOS DA SUSTENTABILIDADE PARA A ENGENHARIA E INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

  
Prof. Dr. FERNANDO BERNARDI DE SOUZA

  
Prof. Dr. JOSE DE SOUZA RODRIGUES

  
Prof. Dr. FÁBIO MULLER GUERRINI

*Dedico este trabalho a meus pais CEZAR AUGUSTO REIS ALVES e ELEN DE CARVALHO FRANCO REIS ALVES, pelo apoio, valores e ensinamentos transmitidos.*

*Aos meus avós SEVERO MESSIAS FRANCO (in memoriam) e JOSEPHINA DE CARVALHO FRANCO, pela paixão e dedicação que transmitiram pelo ensino. Além do incentivo aos estudos desde as primeiras lições.*

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele não teria chegado até aqui.*

*Ao Prof. e coorientador Dr. Renato de Campos, que me auxiliou no projeto de pesquisa mesmo antes de ser aluno do programa de Pós Graduação, também pela condução exemplar no desenvolvimento e conclusão deste trabalho.*

*Ao Prof. e orientador Dr. Fernando Bernardi de Souza, pelas correções e contribuições durante a escrita da redação final.*

*A Profa. Dra. Rosane Battistelle e Prof. Dr. Fábio Guerrini pelas contribuições durante o exame de qualificação.*

*Aos funcionários do Departamento de Pós Graduação e do Departamento de Engenharia de Produção pelo suporte e auxílio técnico durante esta jornada.*

*Aos amigos de curso André Maurício, Antônio Leite, Fernanda Frascareli, Elisangela Ulian, Caroline Lombardi, Fabiana Liar, Juliene Leoni, Ana Paula Ducatti e Murilo Maganha, pelas aulas, simpósios, palestras, discussões, correções de texto e estudos no laboratório. Esta jornada é nossa!*

*Aos meus grandes e queridos amigos Gabriel H. C. Bonfim e Jefferson Barella pela paciência, torcida, carinho e injeções de ânimo.*

*Ao meu irmão Silas por revisar mais de uma vez o texto, meus sinceros agradecimentos. Ao meu irmão Jonatas pela paciência.*

*Ao Pr. Rafael Fcachenco Filho pelas palavras de ânimo e tardes de reflexão.*

*E a CAPES pelo financiamento desta pesquisa.*

*“... a solidão é coisa má. Não há nada mais triste que o isolamento.”*

**Júlio Verne**

*(A volta ao mundo em 80 dias)*

*“Il semble que la perfection soit atteinte  
non quand il n’y a plus rien à ajouter, mais  
quand il n’y a plus rien à retrancher.”*

*“Parece que a perfeição é atingida não  
quando não há mais nada a acrescentar,  
mas quando não há nada a subtrair”.*

***Antoine de Saint-Exupéry***

*(Airman's Odyssey)*

## RESUMO

O Desenvolvimento Sustentável tem se mostrado um novo e complexo desafio a ser enfrentado pelas empresas. Várias empresas engajam-se na busca de certificações emitidas por agências certificadoras como, por exemplo, a *International Organization for Standardization* (ISO), como uma forma de comprovar o seu comprometimento com o Desenvolvimento Sustentável. Entretanto, a Engenharia e Integração de Empresas, segundo seus componentes que a compõem, não oferece suporte explícito aos conceitos e requisitos do Desenvolvimento Sustentável. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo geral realizar um estudo bibliográfico exploratório sobre a Engenharia e Integração de Empresas e seu suporte ao Desenvolvimento Sustentável. Para isso, analisa as principais propostas para a Engenharia e Integração de Empresas, em conjunto com os requisitos do Desenvolvimento Sustentável, buscando propor, quando plausíveis, diretrizes para a sistematização e incorporação do Desenvolvimento Sustentável à Engenharia e Integração de Empresas. Para tanto, esta trabalho foi desenvolvido tendo como base a *Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology* – GERAM (Arquitetura de Referência e Metodologia Generalizada de Empresas).

Palavras chave: Engenharia e Integração de Empresas, Desenvolvimento Sustentável, Arquitetura de Empresas, GERAM.



## **ABSTRACT**

Sustainable Development has been a new and complex challenge faced by enterprises. Several enterprises engaged on the pursuit of certifications issued by certifying agencies such as the International Organization for Standardization (ISO), as a way to demonstrate their commitment to Sustainable Development. However, the Enterprise Integration Engineering, according to its components that compose it, not explicitly offers the concepts and requirements of Sustainable Development. In this sense, this work has as main objective to conduct an exploratory literature review on Enterprise Integration Engineering and its support to Sustainable Development. For this it analyzes the main proposals for the Enterprise Integration Engineering, together with the requirements of Sustainable Development, seeking to propose, when possible, guidelines for a systematic incorporation of Sustainable Development on an Enterprise Integration Engineering. To this end, this work was developed based on the use of Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology – GERAM.

Keywords: Enterprise Integration Engineering, Sustainable Development, Enterprise Architecture, GERAM.

## LISTA DE ABREVIATURAS

AE	Arquitetura de Empresas
BPDM	<i>Business Process Definition Meta Model</i>
BPMN	<i>Business Process Modeling Notation</i>
C4ISR AF	<i>Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance Architecture Framework</i>
CIM	<i>Computer Integrated Manufacturing</i>
CIMOSA	<i>Open System Architecture for Computer Integrated Manufacturing</i>
CIO	<i>Chief Information Officers</i>
CSR	<i>Corporate Social Responsibility</i>
DoD	<i>Department of Defense</i>
DoDAF	<i>Department of Defense Architecture Framework</i>
DS	Desenvolvimento Sustentável
EIE	Engenharia e Integração de Empresas
EE	Engenharia de Empresas
EEMs	Metodologias para Engenharia de Empresas
EETs	Ferramentas de Engenharia de Empresas
EMLs	Linguagens de Modelagem de Empresas
EMs	Modelos de Empresas
EMOs	Módulos de Empreendimento
EOSs	Sistemas Operacionais de Empresas
EPC	<i>Event-driven Process Chain</i>
FEA	<i>Federal Enterprise Architecture</i>
FEAF	<i>The Federal Enterprise Architecture Framework</i>
GEMCs	Conceitos Genéricos de Modelagem de Empresas
GERA	Arquitetura de Referência para Empresas Generalizada
GERAM	Arquitetura de Referência e Metodologia Generalizada de Empresa
GRAI-GIM	<i>Graphs with results and activities interrelated – GRAI Integrated Methodology</i>
GRI	<i>Global Reporting Initiative</i>
IDEF	<i>Integration DEFinition</i>
IE	Integração de Empresas
IEM	<i>Integrated Enterprise Modeling</i>
IFIP-IFAP	<i>Task Force on Enterprise Integration</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
PEMs	Modelos Parciais de Empresas
PERA	<i>The Purdue Enterprise Architecture Framework</i>
RAD	<i>Role Activity Diagram</i>
RUP	<i>Rational Unified Process</i>
SC	Sustentabilidade Corporativa
SCOR	<i>Supply Chain Operations Reference model</i>
TBL	<i>Triple Bottom Line</i>
TOGAF	<i>The Open Group Enterprise Architecture Framework</i>
TOGAF ADM	<i>TOGAF Architecture Development Method</i>
UEML	<i>Unified Enterprise Modeling Language</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
UMM	<i>UN/CEFACT Modeling Methodology</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Componentes da estrutura da GERAM para a Engenharia e Integração de Empresas.....	24
Figura 2 – <i>The Zackman Framework</i> – Ontologia de Empresas .....	28
Figura 3 – Framework arquitetônico da CIMOSA .....	30
Figura 4 – O <i>framework</i> de modelagem da CIMOSA .....	31
Figura 5 – Apresentação das fases (ou camadas) da PERA em termos do ciclo de vida da arquitetura.....	32
Figura 6 – Fases do ciclo de vida da GERA para alguma empresa ou entidade.....	34
Figura 7 – Arquitetura de Empresas da TOGAF .....	36
Figura 8 – <i>Enterprise Continuum</i> .....	36
Figura 9 – <i>Framework</i> da Arquitetura DoD .....	37
Figura 10 – <i>Federal Enterprise Architecture</i> .....	39
Figura 11 – A TOGAF ADM .....	42
Figura 12 – <i>Framework</i> RUP .....	43
Figura 13 – Modelo de Referência <i>Open-edi</i> .....	44
Figura 14 – Abstração do funcionamento de um negócio .....	46
Figura 15 – Triple Bottom Line de Elkington .....	52
Figura 16 – <i>Framework</i> multi nível para avaliação do Desenvolvimento Sustentável.....	55
Figura 17 – Estrutura do <i>framework</i> GRI .....	57
Figura 18 – <i>Survey</i> de empresas certificadas ISO 9001 no mundo.....	59
Figura 19 – Modelo de processo baseado em um Sistema de Gestão da Qualidade.....	60
Figura 20 – <i>Survey</i> de empresas certificadas ISO 14001 no mundo.....	61
Figura 21 – Modelo do Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001 .....	62
Figura 22 – Visão esquemática simplificada da ISO 26000.....	63
Figura 23 – Panorâmica da Arquitetura de Empresas Verde – grupos e atividades .....	66
Figura 24 – Dimensões de uma organização sustentável .....	67
Figura 25 – Modelo da Pirâmide da Sustentabilidade .....	68
Figura 26 – Decomposição das AE convencionais utilizando GERAM .....	72
Figura 27 – Esquematização da proposta .....	75
Figura 28 – Macrosistematização da ISO 9001:2000 ao ciclo de vida da GERA .....	85
Figura 29 – Macrosistematização da ISO 14001 ao ciclo de vida de GERA .....	86
Figura 30 - Macrosistematização da ISO 26000 ao ciclo de vida de GERA .....	87
Figura 31 – Estrutura adaptada do ciclo de vida de GERA .....	88

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Análise das abordagens de Modelagem de Empresas.....	65
Quadro 2 – Síntese dos trabalhos relacionados .....	70
Quadro 3 – Análise das Normas ISO e GRI.....	76
Quadro 4 – Síntese dos conceitos do ciclo de vida da GERA .....	81
Quadro 5 – Síntese dos conceitos da ISO 9001 .....	82
Quadro 6 – Síntese dos conceitos da ISO 14001 .....	83
Quadro 7 – Síntese dos conceitos da ISO 26000.....	84

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>13</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>14</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>15</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>16</b>
<b>ÍNDICE DE QUADROS .....</b>	<b>17</b>
<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>18</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA .....	15
1.2 OBJETIVOS .....	15
1.3 JUSTIFICATIVA .....	16
1.4 MÉTODO DE PESQUISA .....	18
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	20
<b>2 ENGENHARIA E INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS .....</b>	<b>21</b>
2.1 INTRODUÇÃO A ENGENHARIA E INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS .....	21
2.1.1 <i>Arquitetura de Empresas</i> .....	25
2.1.1.1 The Zachman Framework .....	27
2.1.1.2 Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture – CIMOSA..	29
2.1.1.3 Purdue Enterprise Reference Architecture – PERA.....	31
2.1.1.4 Generalized Enterprise Reference Architecture – GERA .....	33
2.1.1.5 The Open Group Enterprise Architecture Framework – TOGAF.....	35
2.1.1.6 Department of Defense Architecture Framework – DoDAF .....	37
2.1.1.7 Federal Enterprise Architecture – FEA .....	38
2.1.2 <i>Metodologias para a Engenharia e Integração de Empresas</i> .....	40
2.1.2.1 TOGAF Architecture Development Method – TOGAF ADM.....	41
2.1.2.2 Rational Unified Process – RUP .....	42
2.1.2.3 UN/CEFACT Modeling Methodology – UMM .....	43
2.1.2.4 Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology – GERAM	44
2.1.3 <i>Conceitos Genéricos de Modelagem de Empresas</i> .....	45
2.1.4 <i>Linguagens de Modelagem de Empresas</i> .....	46
2.1.5 <i>Modelos Parciais de Empresa</i> .....	47
2.2 SÍNTESE SOBRE A ENGENHARIA E INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS .....	49
<b>3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....</b>	<b>51</b>

3.1 FRAMEWORKS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	53
3.2 GLOBAL REPORTING INITIATIVE .....	57
3.3 NORMAS ISO .....	58
3.3.1 ISO 9001 .....	58
3.3.2 ISO 14001 .....	61
3.3.3 ISO 26000 .....	62
3.4 SÍNTESE SOBRE O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	64
<b>4 O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A ENGENHARIA E INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS... 65</b>	
4.1 TRABALHOS RELACIONANDO O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A ENGENHARIA E INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS .....	65
4.2 A GERAM COMO BASE PARA A SISTEMATIZAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL À UMA ENGENHARIA E INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS.....	72
<b>5 DESENVOLVIMENTO E PROPOSTA .....</b>	<b>74</b>
5.1 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA.....	74
5.2 SISTEMATIZAÇÃO DAS NORMAS ISO E DO GRI COM A ENGENHARIA E INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS .....	75
5.2.1 <i>Engenharia e Integração de Empresas</i> .....	76
5.2.1.1 Normas ISO.....	76
5.2.1.2 Global Reporting Initiative.....	77
5.2.2 <i>Desenvolvimento Sustentável</i> .....	78
5.2.2.1 Normas ISO.....	78
5.2.2.2 Global Reporting Initiative.....	79
5.3 A GERAM E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	79
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>90</b>
6.1 LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DA PESQUISA .....	91
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>93</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No decorrer da última década, as mudanças no ambiente de negócios geradas pela concorrência, consumidores e legislações mais restritivas, desencadearam novos desafios para as empresas que buscam fornecer produtos e serviços competitivos para um mercado globalizado.

Dentre os principais desafios encontrados por estas empresas pode-se citar a dificuldade de gerenciar adequadamente seus processos internos e externos e alcançar o Desenvolvimento Sustentável em todas as suas atividades.

O gerenciamento adequado dos processos pode ser realizado através da criação de modelos que auxiliem sua visualização total e, conseqüentemente, a adequada tomada de decisões. Através de seus componentes, tais como Arquitetura de Empresas, Linguagens de Modelagem, Modelos Parciais, e outros, a Engenharia e Integração de Empresas oferece meios para gerenciar, coordenar e integrar os processos de negócios de uma empresa, alcançando, de forma mais produtiva e eficiente, os objetivos empresariais. Entretanto, estes componentes não possuem explicitamente em seu arcabouço os conceitos relacionados ao Desenvolvimento Sustentável.

Dentre as diversas propostas para a Engenharia e Integração de Empresas existentes na literatura uma das mais completas é a *Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology* – GERAM (Arquitetura de Referência e Metodologia Generalizada de Empresas), utilizada como base para os estudos e propostas realizadas no decorrer deste trabalho.

Assim, como as demais propostas para Engenharia e Integração de Empresas encontradas na literatura, a GERAM não possui explicitamente no arcabouço de seus componentes os aspectos e conceitos relacionados ao Desenvolvimento Sustentável, possuindo, muitas vezes, definições conceituais divergentes.

O Desenvolvimento Sustentável é alcançado pelas empresas através da viabilidade econômica, responsabilidade ambiental e a igualdade social, sendo que, atualmente, um dos meios mais comumente utilizados pelas empresas para demonstrar o seu comprometimento para com estas três práticas é a implantação de normas e certificações.

Em meio às diversas normas e certificações existentes, destaca-se o trabalho realizado pela ISO (*International Organization for Standardization*), através da família de Normas ISO 9000, ISO 14000 e ISO 26000, desenvolvidas com o passar do tempo para atender de forma mais incisiva os conceitos do Desenvolvimento Sustentável. As Normas ISO fornecem

orientações práticas e atuais às empresas que buscam adequar todas as suas atividades em torno do Desenvolvimento Sustentável. Além das Normas ISO, o *Global Reporting Initiative* – GRI, um conjunto de indicadores de desempenho para avaliação do Desenvolvimento Sustentável, tem sido utilizado pelas empresas para reportar o seu comprometimento com as práticas econômicas, ambientais e sociais adotadas.

Devido às definições conceituais não totalmente alinhadas entre a Engenharia e Integração de Empresas e o Desenvolvimento Sustentável no que se diz respeito aos aspectos econômico, ambiental e social que devem ser utilizados pelas empresas, faz-se necessário a sistematização e incorporação dos conceitos abordados pelo Desenvolvimento Sustentável à Engenharia e Integração de Empresas, de forma que esta possa gerenciar, coordenar e integrar os processos de negócios da empresa.

### 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Dentre os componentes da Engenharia e Integração de Empresas destaca-se a Arquitetura de Empresas, responsável por compreender todos os processos e informações detalhadas de uma empresa e estruturá-los em modelos, tornando-se a base para o desenvolvimento de metodologias e linguagens que descrevem a empresa como um todo, possibilitando ao gestor possuir um panorama completo da empresa. Apesar das principais Arquiteturas de Empresas, e seus elementos relacionados, fornecerem uma visão sistêmica das empresas, não possuem explicitamente em seu arcabouço requisitos que abordem com clareza e objetividade os aspectos do Desenvolvimento Sustentável.

Mediante o cenário apresentado, as seguintes questões de pesquisa foram elaboradas:

- “Como a Engenharia e Integração de Empresas aborda os aspectos do Desenvolvimento Sustentável em seus componentes?”; e
- “Como sistematizar os aspectos do Desenvolvimento Sustentável no âmbito da Arquitetura de Empresas no contexto da Engenharia e Integração de Empresas?”.

### 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é realizar um estudo bibliográfico exploratório sobre a Engenharia e Integração de Empresas e seu suporte ao Desenvolvimento Sustentável. Para isso, analisa as principais propostas para a Engenharia e Integração de Empresas em conjunto com os requisitos do Desenvolvimento Sustentável, buscando propor, quando plausíveis,



diretrizes para a sistematização e incorporação do Desenvolvimento Sustentável à Engenharia e Integração de Empresas. Vale ressaltar que, devido à quantidade de componentes existentes na Engenharia e Integração de Empresas, as proposições deste trabalho estão fundamentadas na Arquitetura de Empresas da GERAM, considerado o componente de maior significatividade.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Atender ao desafio de produtos e serviços competitivos requer a integração de projetos e conhecimentos de engenharia dentro de práticas de engenharia e gestão. As turbulências de mercado podem ser sobrepujadas através do desenvolvimento de modelos de empresas. Por fim, as oportunidades de mercado podem ser exploradas através da forte cooperação entre parceiros de negócios. Neste sentido, a Engenharia e Integração de Empresas consiste em quebrar as barreiras organizacionais, provendo os meios para gerenciar, coordenar e integrar os processos de negócios para que os objetivos organizacionais sejam alcançados de uma forma mais produtiva e eficiente (VERNADAT, 2002; MEDINI; BOUREY, 2012; VALLEJO; ROMERO; MOLINA, 2012).

A Arquitetura de Empresas, um dos componentes da Engenharia e Integração de Empresas, sustenta a promessa de ajudar as partes interessadas a gerir seus esforços em termos da engenharia de empresas de uma forma consistente e coerente, tanto dentro quanto entre organizações, de modo a alcançar e manter a integração de empresas, lidando com a maneira pela qual seus elementos são arranjados e organizados. O sistema em questão é a própria empresa, especialmente os processos de negócios, tecnologia e sistemas de informação (WEGMANN, 2003; TUPPER, 2011a; NORAN, 2013).

Outro componente importante na Engenharia e Integração de Empresas, e que é sustentado pelos elementos da Arquitetura de Empresas, é a Modelagem de Empresas, pois o processo de modelagem resulta em um modelo que representa todas ou parte das operações de uma empresa, permitindo simulações e avaliações que conduzem as operações da empresa a uma estrutura, comportamento e conteúdo ideais. Vários aspectos importantes da empresa necessitam ser modelados, tanto para sua análise como para seu projeto e gerenciamento (VERNADAT, 2002; CULTRI; MANFRINATO; CAMPOS, 2006; HE *et al.*, 2012).

Paralelamente ao desafio de integrar e organizar suas atividades, as empresas enfrentam, atualmente, outro importante desafio, que é a necessidade de tornar suas operações alinhadas com os requisitos do Desenvolvimento Sustentável.

Apesar desta recente preocupação, a Sustentabilidade não é um conceito atual, mas sim, o desenvolvimento de um debate de alcance mundial, que se iniciou no final da década de 1970, com a criação de Comissões Internacionais para tratar de assuntos como paz, liberdade, desenvolvimento e meio ambiente que, embora reinterpretados com o decorrer do tempo, permaneceram como questões importantes (KATES; PARRIS; LEISEROWITZ, 2005; MEDINI; DA CUNHA; BERNARD, 2011).

Além disso, com a globalização, ligações políticas entre países para mitigar os impactos ambientais e reduzir barreiras comerciais aumentaram significativamente a demanda por uma gestão ambiental comum entre os países. Como consequência, a ISO 14001 busca garantir a obtenção da sustentabilidade pelas empresas, apoiando-as a investigar e alcançar o desempenho financeiro e ambiental. Muitos estudos comprovam que a ISO 14001 e outras atividades relacionadas as questões ambientais podem aumentar a competitividade de uma empresa no mercado. A certificação ISO 14001 também pressiona os fornecedores a solicitar também a certificação ISO 14001, pois ela é um requisito mínimo na seleção de fornecedores (CHEN, 2005; MACDONALD, 2005).

Paralelamente às conferências conduzidas pelas Comissões Internacionais e governos locais em todo o mundo sobre Desenvolvimento Sustentável, *frameworks* para avaliar a sustentabilidade foram desenvolvidos, em sua maioria focando os níveis nacional, regional ou de comunidade. Contudo, pouco se tem desenvolvido para incorporar as práticas do Desenvolvimento Sustentável nas empresas (LABUSCHAGNE; BRENT; VAN ERCK, 2005).

A Sustentabilidade Corporativa, por sua vez, visa integrar as atividades econômicas da empresa com as dimensões ambiental e social, as quais se tornaram assuntos importantes nas empresas ao redor do mundo nos últimos anos. Porém, devido a sua grande quantidade de variáveis, tornou-se um desafio para as empresas seguir uma abordagem consistente e estratégica sem perder o foco, bem como, não omitir questões relevantes (HAHN, R., 2012a; IRITANI *et al.*, 2012).

Assim, acredita-se que as normatizações sejam precursoras do esforço das empresas pela busca do Desenvolvimento Sustentável (ISO 26000, 2013; OSKARSSON; VON MALMBORG, 2005) e que o mesmo deve ser analisado em todos os níveis da organização (LABUSCHAGNE; BRENT; VAN ERCK, 2005; HAHN; FIGGE, 2011).

Medini, Da Cunha e Bernard (2011), após realizarem uma revisão e análise sobre os aspectos econômico, ambiental e social da sustentabilidade e alguns métodos para modelagem de empresas, concluíram que a maioria dos métodos de modelagem de empresas analisados

não consideram em sua estrutura os aspectos da sustentabilidade, em especial o ambiental e social, apesar de terem um papel fundamental na avaliação da sustentabilidade. Assim, uma abordagem mais adequada aos métodos para modelagem de empresas é necessária a fim de satisfazer esses critérios, integrando os aspectos da sustentabilidade aos diferentes níveis das empresas.

Diante deste cenário, diversos métodos para modelagem de empresas existentes atualmente na literatura, a IFIP-IFAC (*IFIP-IFAC Task Force on Enterprise Integration*) desenvolveu a GERAM com base em CIMOSA (*Open System Architecture for Computer Integrated Manufacturing*), PERA (*The Purdue Enterprise Architecture Framework*) e GRAI-GIM (*Graphs with results and activities interrelated*). A GERAM é um *framework* genérico para a Arquitetura de Empresas que visa aprimorar a Engenharia e Integração de Empresas, através da organização do conhecimento existente na Integração de Empresas (IFIP; IFAC, 1999).

Devido a ser um *framework* genérico, a GERAM tem sido utilizada por autores como Noran (2005, 2013) e Chaharsooghi e Ahmadi Achachlouei (2011) para a compatibilização ou decomposição das demais Arquiteturas de Empresas existentes na literatura em sua estrutura, de forma que todos os componentes existentes na GERAM possuem um equivalente nas demais Arquiteturas de Empresas. Assim, pode-se dizer que as alterações realizadas nos componentes da GERAM podem ser estendidos para as Arquiteturas de Empresas que já foram compatibilizadas.

Diante das colocações anteriores, a relevância deste trabalho está atrelada, portanto, à necessidade de se complementar e/ou alinhar uma Arquitetura de Empresas que proporcione às empresas não apenas a modelagem de seus processos, mas também incorpore os requisitos do Desenvolvimento Sustentável, auxiliando-as a alcançar o Desenvolvimento Sustentável de forma mais explícita e completa em suas atividades, processos e produtos.

#### 1.4 MÉTODO DE PESQUISA

Ao se definir um método de pesquisa para o trabalho a ser realizado, buscam-se fundamentos científicos adequados para abordar de forma coerente as questões de pesquisa apresentadas, em conjunto com métodos e técnicas para seu planejamento e condução, resultando em trabalhos que podem ser replicados e aperfeiçoados, proporcionando através da extensão ou refinamento, o desenvolvimento ou proposição de teorias, o que contribui para a geração do conhecimento (MIGUEL, 2007).

Ressalta-se que independente da técnica ou método escolhido para a pesquisa, haverá limitações. A própria escolha do objeto de estudo da pesquisa requer, por si só, um recorte da realidade a ser examinada. A escolha desse objeto de estudo deve estar respaldada em claras concepções sobre a natureza do objeto de estudos e no nível de análise e de descrições pretendidos para o desenvolvimento do trabalho (FRASER; GONDIM, 2004).

Há várias maneiras de se caracterizar a pesquisa científica, conforme sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos (SILVA; MENEZES, 2005):

- Em relação a sua natureza, a pesquisa é básica, pois tem como objetivo gerar novos conhecimentos para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista;
- Quanto a sua abordagem é uma pesquisa de cunho qualitativo, pois se considera a existência de uma relação indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzida em números. O entendimento dos fenômenos e a atribuição de resultados são básicos, além de não requerer métodos e técnicas estatísticas;
- O seu objetivo é exploratório, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito. Vale ressaltar que para Cervo e Bervian (2004) a análise exploratória não elabora hipóteses a serem testadas no próprio trabalho, e sim procura definir objetivos e adquirir mais informações sobre o assunto abordado; e
- De acordo com os procedimentos técnicos, a pesquisa utilizou-se conjuntamente a pesquisa bibliográfica e o desenvolvimento teórico conceitual. A pesquisa bibliográfica procura identificar, conhecer e acompanhar o desenvolvimento da pesquisa em determinada área do conhecimento, cobrindo uma ampla gama de fenômenos. Além de permitir identificar perspectivas para pesquisas futuras, o que contribui para o desenvolvimento de novos projetos de pesquisa. E o desenvolvimento teórico conceitual envolve modelagens conceituais que resultam em novas teorias (MIGUEL, 2007).

Para fundamentar a pesquisa, consultas foram realizadas às bases de dados científicas Web of Science, Scopus, Springer Link, John Wiley & Sons, Google Scholar, Web of Knowledge e IEEE Xplore utilizando-se como palavras chave os termos: Sustentabilidade, Arquitetura de Empresas, Engenharia de Empresas, Modelagem de Empresas, ISO 14000, ISO 9001, ISO 26000, Desenvolvimento Sustentável, *Global Reporting Initiative* e a GERAM. Todas as pesquisas foram realizadas utilizando-se o mecanismo de busca padrão de

cada base de dados, sem alterar nenhuma opção de busca, e os resultados foram filtrados a partir da leitura do abstract do trabalho. As seguintes etapas foram desenvolvidas:

- Etapa 1: Revisão da literatura sobre Engenharia e Integração de Empresas e seus componentes, baseando-se nos componentes da estrutura proposta pela GERAM considerados importantes para a elaboração deste trabalho;
- Etapa 2: Revisão da literatura sobre o Desenvolvimento Sustentável e seus conceitos, abrangendo de forma sucinta suas principais conferências, os trabalhos desenvolvidos à nível mundial para avaliá-lo, e também as principais ferramentas utilizadas atualmente pelas empresas que buscam o Desenvolvimento Sustentável, como as Normas ISO 9001, ISO 14001, ISO 26000 e o *Global Reporting Initiative* – GRI;
- Etapa 3: Apresentação dos trabalhos que relacionam os componentes da Engenharia e Integração de Empresas com os conceitos do Desenvolvimento Sustentável.
- Etapa 4: Elaboração da proposta deste trabalho, buscando elaborar a sistematização dos principais aspectos entre os componentes da estrutura da GERAM e os conceitos do Desenvolvimento Sustentável, utilizando-se das Normas ISO 9001, ISO 14001, ISO 26000 e o *Global Reporting Initiative*. Por fim, apresentação das conclusões sobre a pesquisa desenvolvida; e
- Etapa 5: Apresentação das considerações finais sobre a pesquisa desenvolvida e proposta para trabalhos futuros.

### 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho compreende 5 Capítulos, além da Introdução. No Capítulo 2 apresenta-se a Engenharia e Integração de Empresas, seus conceitos e os principais componentes. O Capítulo 3 apresenta o Desenvolvimento Sustentável como tema central, abordando o desenvolvimento de seus conceitos desde sua criação e as Normas ISO e o GRI. O Capítulo 4 relata os trabalhos encontrados na literatura que abordavam, parcialmente ou integralmente, os conceitos apresentados nos Capítulos 2 e 3. Já o Capítulo 5 apresenta a proposta deste trabalho, elaborando a sistematização entre a Arquitetura de Empresas e o Desenvolvimento Sustentável. Por fim, o Capítulo 6 apresenta as conclusões, bem como apresenta propostas para trabalhos futuros.

## 2 ENGENHARIA E INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS

A Engenharia e Integração de Empresas (EIE) oferece meios para gerenciar, coordenar e integrar os processos de negócios para que os objetivos estratégicos das empresas sejam alcançados de uma forma mais produtiva e eficiente (VALLEJO; ROMERO; MOLINA, 2012). A seguir, apresenta-se uma introdução sobre a EIE e seus principais componentes.

### 2.1 INTRODUÇÃO A ENGENHARIA E INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS

As empresas são sistemas muito complexos que devem ser gerenciados para manter sob controle seus problemas internos e, mais importante ainda, os vários relacionamentos com os diferentes ambientes nos quais elas operam. Assim, pode-se definir empresa como uma ou mais organizações de recursos, tais como pessoas, computadores, máquinas, dentre outros, compartilhando missão, objetivos e metas definidas para oferecer ao mercado um produto e/ou serviço como resultado (WEGMANN, 2003; CHAPURLAT; BRAESCH, 2008; CHEN; DOUMEINGTS; VERNADAT, 2008).

Atualmente, as empresas enfrentam diversos desafios que têm aumentado rapidamente, tais como: (1) A procura por produtos personalizados e de alta qualidade; (2) A concorrência nos mercados globais; (3) A necessidade de ser flexível; (4) Evoluir continuamente; (5) Garantir a sustentabilidade; (6) E adaptar-se e/ou responder prontamente aos clientes e as novas oportunidades de mercado (MEDINI; BOUREY, 2012; VALLEJO; ROMERO; MOLINA, 2012).

Atender ao desafio de oferecer produtos e serviços competitivos requer a integração de projeto e conhecimentos de engenharia dentro de práticas de engenharia e gestão. As turbulências de mercado podem ser sobrepujadas através do desenvolvimento de modelos de empresas flexíveis e ágeis. Por fim, as oportunidades de mercado podem ser exploradas através da forte cooperação entre parceiros de negócios. Neste sentido, a Integração de Empresas (IE – *Enterprise Integration*) consiste em quebrar as barreiras organizacionais para aumentar a sinergia dentro da empresa, provendo os meios para gerenciar, coordenar e integrar os processos de negócios para que os objetivos sejam alcançados de uma forma mais produtiva e eficiente (VERNADAT, 2002; VALLEJO; ROMERO; MOLINA, 2012).

A disciplina que organiza todo o conhecimento, identificando a necessidade de mudanças nas empresas e levando as mudanças de forma profissional, chama-se Engenharia de Empresas (EE – *Enterprise Engineering*). A Modelagem de Empresas (*Enterprise*

*Modeling*) é considerada o principal item de uma Engenharia e Integração de Empresas (EIE - *Enterprise Integration Engineering*), pois o processo de modelagem resulta em um modelo que representa todas ou parte das operações de uma empresa. Esses modelos permitem simulações e avaliações que conduzem a operação da empresa a uma estrutura, comportamento e conteúdo otimizados (VERNADAT, 2002; HE *et al.*, 2012). Vários aspectos importantes da empresa necessitam ser modelados, tanto para sua análise como para seu projeto e gerenciamento (CULTRI; MANFRINATO; CAMPOS, 2006). Dentre estes aspectos incluem-se (VERNADAT, 1996):

- Funções e comportamento da empresa, em termos de processos, atividades, operações funcionais básicas e eventos de disparo de funções;
- Processos de tomada de decisão, fluxos e centros de decisões;
- Produtos, sua logística e ciclo de vida;
- Recursos e componentes físicos, tais como máquinas, ferramentas, capacidades, layout, dentre outros;
- Pacotes de softwares aplicativos em termos de suas capacidades funcionais básicas;
- Dados e informações de negócios, seu fluxo na forma de ordens, documentos, itens de dados, arquivos de dados ou banco de dados;
- Conhecimento e *know-how* da empresa;
- Potencial humano: sua qualificação, habilidades, seu papel e disponibilidade;
- Estrutura organizacional: unidades de organização, níveis de decisões, centro de decisões, e suas relações;
- Distribuição de autoridades e responsabilidades sobre cada um dos aspectos mencionados anteriormente;
- Eventos excepcionais e políticas de reação a eles; e
- Tempo, pois a empresa é um sistema dinâmico.

No final de década de 1990, a Força Tarefa para a Integração de Empresas IFIP-IFAC (IFIP-IFAC *Task Force on Enterprise Integration*), reconheceu que um *framework* genérico para a Modelagem de Empresas era necessário para aprimorar a Integração de Empresas (IE). O resultado deste trabalho foi um *framework* de Arquitetura de Empresas (AE) mais genérico, denominada GERAM – Arquitetura de Referência e Metodologia Generalizada de Empresa (*Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology*) (IFIP; IFAC, 1999;

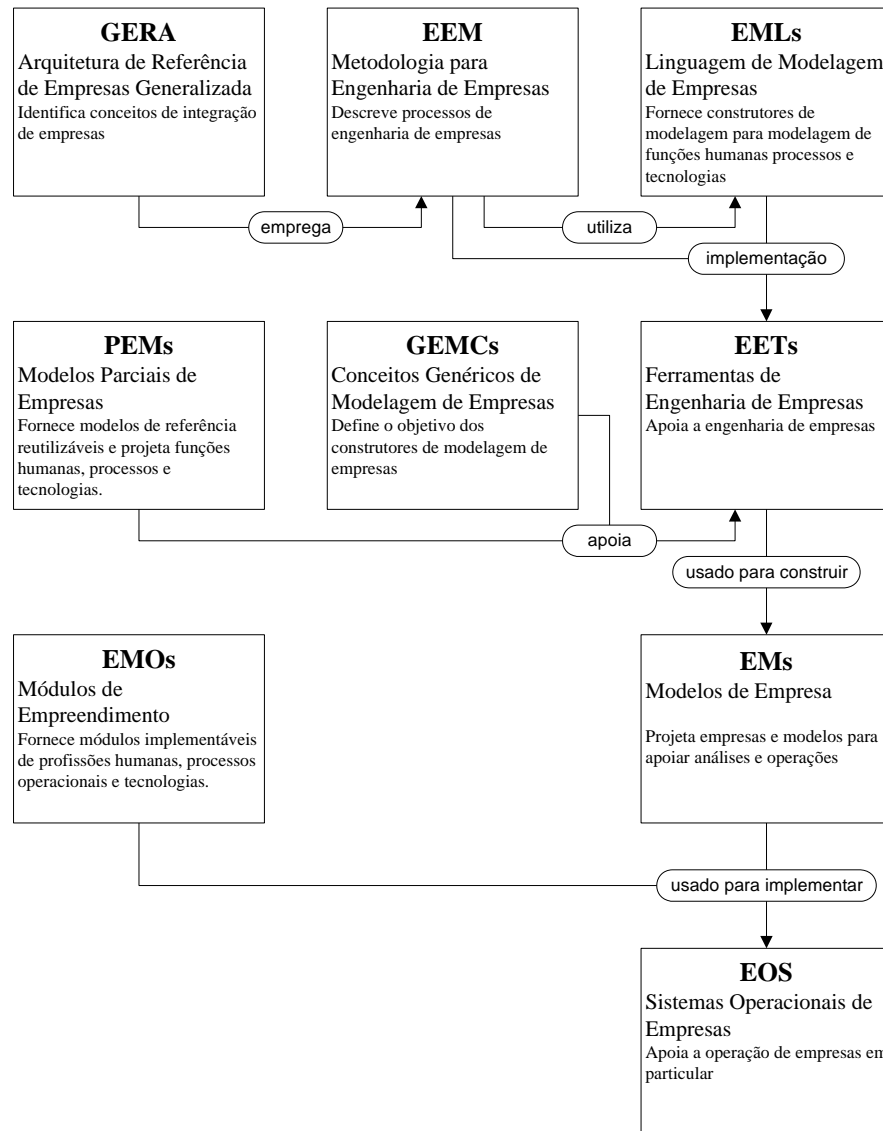
FRANKE *et al.*, 2009; MEDINI; BOUREY, 2012).

Apesar de ser vista como uma nova proposta de arquitetura de referência, o intuito da GERAM é organizar o conhecimento de IE existente, fornecendo definições terminológicas, um ambiente de modelagem consistente e uma metodologia detalhada, promovendo boas práticas na construção de modelos reutilizáveis e fornecendo uma perspectiva unificada de produto, processo, gestão, desenvolvimento empresarial e gestão estratégica. Sua estrutura pode ser sobreposta às arquiteturas de referência existentes, as quais podem manter sua identidade adicionando os benefícios da GERAM. Os modelos de empresa são tratados como um componente essencial para a EIE, o que inclui formalismos utilizados durante o decorrer de descrição dos projetos, preparando uma coleção de ferramentas e métodos, com critérios definidos a serem satisfeitos por qualquer coleção de ferramentas e métodos selecionados, dos quais qualquer empresa se beneficiaria (VERNADAT, 1996; IFIP; IFAC, 1999; CHAHARSOOGHI; AHMADI ACHACHLOUEI, 2011; MEDINI; BOUREY, 2012).

Desta forma, a plataforma da GERAM provê uma descrição compreensiva de todos os componentes desejáveis em uma EIE, definidos em uma coleção de nove componentes e vários formalismos de descrição de projetos. A Figura 1 apresenta os nove componentes da estrutura da GERAM e seus relacionamentos, seguida por uma breve descrição dos componentes apresentados (IFIP; IFAC, 1999; HE *et al.*, 2012; MEDINI; BOUREY, 2012).



Figura 1 – Componentes da estrutura da GERAM para a Engenharia e Integração de Empresas



Fonte: Adaptado de IFIP e IFAC (1999).

- GERA (Arquitetura de Referência de Empresas Generalizada) identifica os conceitos básicos a serem usados na integração e engenharia de empresas;
- EEMs (Metodologias para Engenharia de Empresas) descrevem os processos de integração e engenharia de empresas;
- EMLs (Linguagens de Modelagem de Empresas) são utilizadas pelas metodologias para descrever e modelar a estrutura, conteúdo e comportamento das entidades de empresas em questão.
- EMs (Modelos de Empresas - particular) representam empresas de forma particular, sendo resultado do processo de modelagem, consistindo de vários modelos que descrevem vários aspectos (ou visões) da empresa;

- EOSs (Sistemas Operacionais de Empresas - particular) utilizam os resultados gerados pelo EMs para guiar a implementação dos sistemas operacionais da empresa;
- EETs (Ferramentas de Engenharia de Empresas) apoiam a metodologia e as linguagens usadas para a modelagem de empresas;
- GEMCs (Conceitos Genéricos de Modelagem de Empresas) definem através de meta modelos, ontologias e vocabulário a semântica das linguagens de modelagem;
- PEMs (Modelos Parciais de Empresas) são modelos reutilizáveis de funções humanas, processos e tecnologias que aprimoram o processo de modelagem;
- EMOs (Módulos de Empreendimento) possuem elementos pré-definidos, como perfis de habilidades humanas para profissões específicas, procedimentos empresariais comuns, serviços de infraestrutura ou qualquer produto que pode ser usados pelo EOSs.

A partir da estrutura proposta pela GERAM (Figura 1), um estudo dos componentes GERA, EEM, EMLs, GEMCs e PEMs, considerados de maior relevância neste trabalho, foi realizado. As próximas seções abordam os principais conceitos de cada uma das estruturas mencionadas.

### 2.1.1 Arquitetura de Empresas

A arquitetura, em seu conceito fundamental, é utilizada em uma ampla gama de domínios, caracterizando-se pelo tipo de estrutura ou sistema que está sendo projetado, sendo definida como:

- Um conjunto coerente de princípios, métodos e modelos que são utilizados no design e realização da estrutura organizacional, organização de processos, sistemas de informação e infraestrutura de uma empresa. Sendo a sinergia da arte e da ciência na concepção de estruturas complexas, de modo que a sua funcionalidade e complexidade são controladas (LANKHORST *et al.*, 2005);
- A organização fundamental de um sistema incorporado em seus componentes e em suas relações entre si, o meio ambiente, e os princípios que orientam sua concepção e evolução (IEEE STD 1471-2000, 2000; TUPPER, 2011a); e
- Uma representação combinada de perspectivas em um formato estruturado que é

facilmente visualizado e explica o contexto da área que está sendo analisada a todos os que estão vendo (TUPPER, 2011a).

Assim, mediante as definições fundamentais sobre arquitetura pode-se dizer que as Arquiteturas de Empresas (AE) sustentam a promessa de ajudar as partes interessadas a gerir os esforços em curso da Engenharia de Empresas (EE) de maneira consistente e coerente, ambas dentro e entre organizações (NORAN, 2013), visando capturar informações detalhadas sobre a empresa, os dados, os sistemas e a tecnologia de uma empresa ou de algum domínio específico dentro da empresa (MINOLI, 2008), de forma a alcançar e manter a Integração de Empresas (IE) (NORAN, 2013).

Além de lidarem com a maneira na qual os elementos são arranjados e organizados (WEGMANN, 2003), as AE representam a base do conhecimento que compreende os elementos internos e externos ao ambiente da empresa e suas relações (ŠAŠA; KRISPER, 2011), especialmente os processos de negócios, tecnologia e sistemas de informação (TUPPER, 2011a), estruturando-os em modelos nos quais suas descrições esquemáticas de sistemas e ambiente da empresa constituam o núcleo da abordagem (JOHNSON *et al.*, 2007; SIMON; FISCHBACH; SCHODER, 2013).

O objetivo das AE é definir e implementar as estratégias da empresa, servindo de guia na sua evolução (WEGMANN, 2003), equilibrando todas as suas necessidades e limitações para chegar a um projeto viável e aceitável (LANKHORST *et al.*, 2005). Por lidarem com uma grande quantidade de aspectos de uma empresa, os projetos de AE devem possuir equipes multidisciplinares (WEGMANN, 2003; NORAN, 2013).

Devido a esta abrangência, as AE vêm recebendo crescente atenção por parte das comunidades científicas e profissionais desde o final da década de 1980 (SIMON; FISCHBACH; SCHODER, 2013). O primeiro trabalho apresentado sobre AE e assuntos correlatos foi publicado em 1987 por J. A. Zachman (TUPPER, 2011a) envolvendo elementos como objetivos, estratégias, planos, produtos e parceiros (ZACHMAN, 1987; SIMON; FISCHBACH; SCHODER, 2013).

Dando continuidade a estas pesquisas, surgiu uma grande quantidade de propostas que visa a AE, dentre elas: **The Zachman Framework** (ZACHMAN, 1987), **CIMOSA** – *Open System Architecture for Computer Integrated Manufacturing* (AMICE, 1993), **PERA** – *The Purdue Enterprise Architecture Framework* (WILLIAMS, 1994), **TOGAF** – *The Open Group Enterprise Architecture Framework* (THE OPEN GROUP, 2011), **DoDAF** – *Department of Defense Architecture Framework* (U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE,

2010), **GERAM** (IFIP; IFAC, 1999), **FEA** – *Federal Enterprise Architecture* (COUNCIL, 2001), entre outras (JOHNSON *et al.*, 2007; ŠAŠA; KRISPER, 2011).

Entretanto, mesmo com o engajamento acadêmico e de profissionais na pesquisa e desenvolvimento de AE, os atributos necessários para que estas atendam de forma integrada a todas as particularidades de uma empresa estão longe de estar devidamente definidos, pois além de ser um campo de estudo recente, é uma propriedade inerente ao modelo e depende da finalidade para a qual esta AE visa preencher (JOHNSON *et al.*, 2007; NORAN, 2013).

Ressalta-se que uma AE é composta por diversos elementos inter-relacionados que formam a sua estrutura. Tais elementos, ou requisitos arquiteturais, sustentam as atividades de implementação da AE. Desta forma, o termo estrutura da AE é utilizado para descrever os elementos que constituem o seu arcabouço.

A seguir, aborda-se sinteticamente os conceitos e aspectos relevantes das principais propostas de AE encontradas na literatura, que além de estudadas para a elaboração deste trabalho exemplificam a diversidade de propostas neste campo de pesquisas.

#### 2.1.1.1 The Zachman Framework

A ideia central deste *framework* define que as AE englobem elementos importantes de uma empresa, tais como objetivos de negócios, estratégias, planos, produtos e parceiros (SIMON; FISCHBACH; SCHODER, 2013). Seus principais objetivos são a análise de AE e modelagem, preocupando-se com as perspectivas de construção de um sistema de informação (MOHAMED *et al.*, 2012).

O *framework* Zachman não define qualquer processo arquitetônico para o desenvolvimento de sistema, pois não é uma metodologia e sim uma ontologia para descrever a empresa. Em sua nova versão apresentada oficialmente em outubro de 2011 (Figura 2) é chamado de Ontologia Zachman, tendo um aumento no seu nível de compreensão utilizando novos recursos, incluindo: gráficos atualizados, meta-modelagem, linhas de integração de células, notação de transformação de células e perspectiva de refinamento (MOHAMED *et al.*, 2012; ZACHMAN, 2008).

Para facilitar o entendimento de como as suas perspectivas são aplicadas, o *framework* Zachman descreve a sua arquitetura através de uma matriz de ordem seis, onde as linhas representam as transformações de reificação<sup>1</sup>: Identificação, Definição, Representação, Especificação, Configuração e Instanciação (*Identification, Definition, Representation,*

---

<sup>1</sup> Transformação de algo abstrato em algo concreto

*Specification, Configuration, Instantiation*), e as colunas representam as comunicações interrogativas: O que, Como, Onde, Quem, Quando e Por que (*What, How, Where, Who, When and Why*). A classificação do *framework* é representada pela intersecção entre as transformações e as interrogações, ou seja, as células da tabela conforme ilustra resumidamente a Figura 2. Descrevendo o conjunto total de representações relevantes para a descrição de uma empresa (ZACHMAN, 2008).

Figura 2 – *The Zackman Framework* – Ontologia de Empresas

Classificação	O que	Como	Onde	Quem	Quando	Porque	Classificação
Audiência							Modelos
<b>Perspectiva Executiva</b> Contexto Empresarial do Planejador	Identificação do Inventário	Identificação do Processo	Identificação da Distribuição	Identificação da Responsabilidade	Identificação da Temporização	Identificação da Motivação	<b>Contexto do Escopo</b> Identificação das Listas do Escopo
<b>Perspectiva de Gestão Empresarial</b> Conceito Empresarial do Proprietário	Definição do Inventário	Definição de Processos	Definição da Distribuição	Definição da Responsabilidade	Definição da Temporização	Definição da Motivação	<b>Conceitos de Negócio</b> Definição do Modelo de Negócio
<b>Perspectiva do Arquiteto</b> Design da Lógica do Negócio	Representação do Inventário	Representação dos Processos	Representação da Distribuição	Representação da Responsabilidade	Representação da Temporização	Representação da Motivação	<b>Sistema Lógico</b> Representação de Modelos de Sistema
<b>Perspectiva do Engenheiro</b> Construtores Físicos do Negócio	Especificação do Inventário	Especificação dos Processos	Especificação da Distribuição	Especificação da Responsabilidade	Especificação da Temporização	Especificação da Motivação	<b>Tecnologias Física</b> Representação de Modelos Tecnológicos
<b>Perspectiva Técnica</b> Implementadores dos Componentes de Negócio	Configuração do Inventário	Configuração dos Processos	Configuração da Distribuição	Configuração das Responsabilidades	Configuração da Temporização	Configuração da Motivação	<b>Componentes de Ferramenta</b> Configuração de Modelos de Ferramenta
<b>Perspectiva da Empresa</b> Usuários	Instanciação do Inventário	Instanciação dos Processos	Instanciação da Distribuição	Instanciação das Responsabilidades	Instanciação da Temporização	Instanciação da Motivação	<b>Instâncias de Operação</b> Implementação
Audiência							Modelos
Empresa	<b>Conjunto de Inventário</b>	<b>Fluxo de Processos</b>	<b>Redes de Distribuição</b>	<b>Atribuição de Responsabilidade</b>	<b>Ciclos de Tempo</b>	<b>Intenções Motivadoras</b>	Empresa

Fonte: Adaptado de Zachman (2008).

Desta forma o *framework* Zachman (Figura 2) é um modelo para organizar os artefatos arquitetônicos, tais como: documentos de projeto, especificações, modelos, protótipos, dentre outros; levando em conta a quem pertence (por exemplo: donos da empresa) e a questão particular (por exemplo: dados) que o artefato está tratando. Além disso, denota três importantes condições a respeito das células (TUPPER, 2011a):

- Todo artefato deve estar em uma e apenas uma célula, sem ambiguidades com relação a sua localização. Se não existe certeza onde o artefato deve estar, o problema está nele próprio.
- Uma arquitetura pode ser considerada completa apenas quando todas as células em uma arquitetura estão preenchidas, contendo artefatos suficientes para definir

completamente o sistema de uma dimensão através de uma dada perspectiva.

- As células em uma dada coluna devem possuir algum tipo de relação com as diferentes perspectivas existentes.

Mais especificamente o *framework* Zachman é uma ontologia, a teoria da existência de um conjunto de componentes essenciais de um objeto, no qual expressões explícitas e até mesmo mandatórias são necessárias para a criação, operação e mudança desse objeto que pode ser uma empresa, um projeto, um produto, dentre outros. Sua ontologia é uma estrutura enquanto sua metodologia é um processo, onde a estrutura estabelece definições enquanto o processo fornece transformação. O *framework* Zachman é um meta-modelo, pois diferente de uma metodologia, não implica, por exemplo, em como deve ser utilizado (ZACHMAN, 2008).

#### 2.1.1.2 Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture – CIMOSA

O objetivo da CIMOSA, por sua vez, é ajudar as empresas no gerenciamento de mudanças, integrando suas instalações e operações para enfrentar o mercado globalizado, com preço, qualidade e tempo de entrega competitivos (ROCHETTI; CAMPOS; CARVALHO, 2010). Desta forma, oferece um conceito de modelagem orientada a processos, que capta tanto a funcionalidade do processo quanto o comportamento do processo (KOSANKE; VERNADAT; ZELM, 1999), fornecendo uma estrutura de arquitetura consistente tanto para modelagem empresarial como para IE, conforme exigido pelo ambiente CIM (*Computer Integrated Manufacturing*), compreendendo (VERNADAT, 1996):

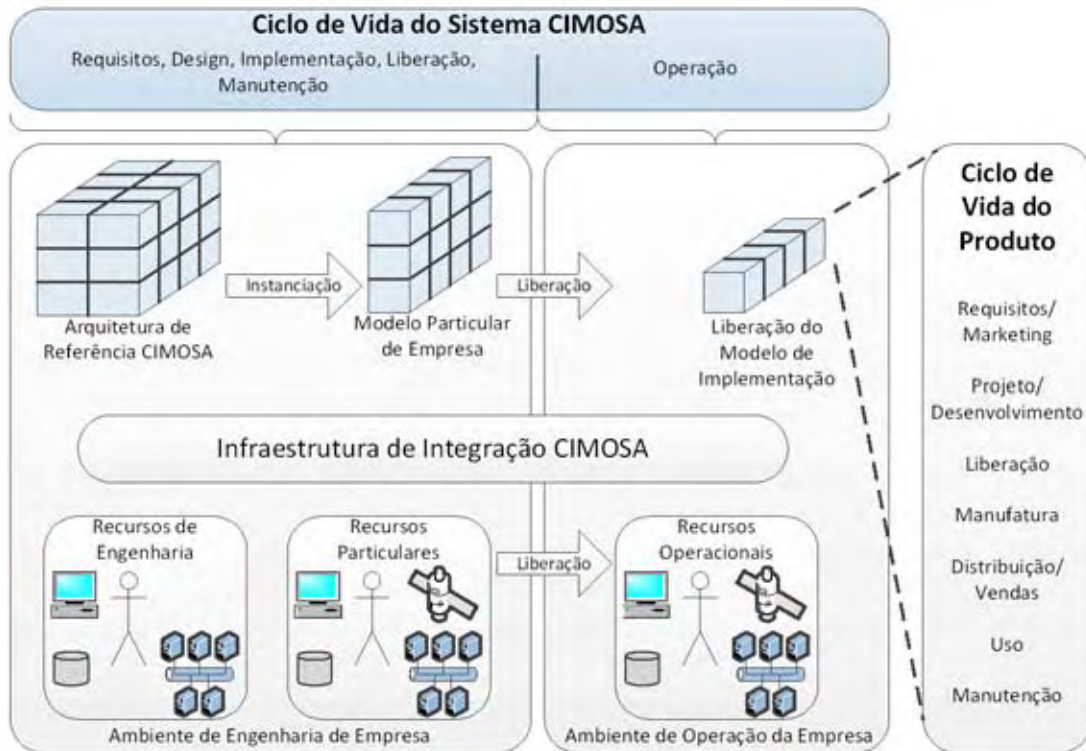
- Uma definição geral do âmbito e natureza da CIM;
- Diretrizes para a implementação;
- Uma descrição dos sistemas constituintes e subsistemas; e
- Uma estrutura modular em conformidade com as normas internacionais.

O *framework* arquitetônico da CIMOSA (Figura 3) compreende três componentes principais (VERNADAT, 1996):

- Uma estrutura de modelagem corporativa, consistindo de uma Arquitetura de Referência e de uma Arquitetura Particular;
- Uma infraestrutura de integração, que fornece a tecnologia que permite a integração física com a aplicação; e

- Um ciclo de vida do sistema CIM, com a sequência de fases usadas para se construir uma arquitetura particular de um ambiente CIM, desde os requisitos para a instalação do sistema, testes e lançamento até a manutenção do sistema.

Figura 3 – Framework arquitetônico da CIMOSA



Fonte: Adaptado de Vernadat (1996).

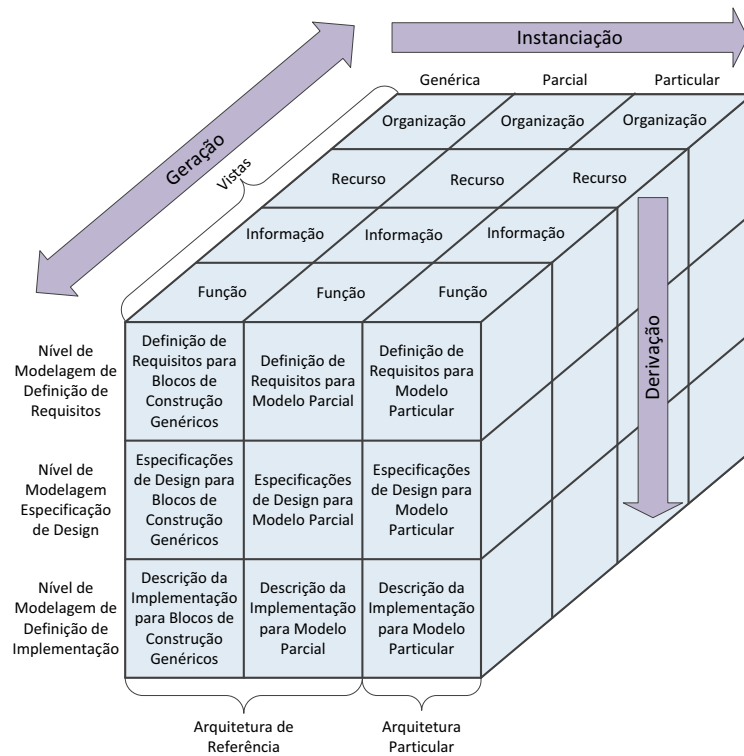
Observa-se na Figura 3 a existência de dois ambientes fundamentais, o ambiente de engenharia de empresas, no qual novos modelos são construídos ou modelos existentes sofrem reengenharia, e o ambiente de operações da empresa no qual os modelos são usados para apoiar, controlar ou monitorar as operações diárias da empresa ao longo do ciclo de vida do produto. Possui também o conceito de entidade funcional, responsável por todos os recursos ativos capazes de executar operações funcionais básicas de uma atividade e desempenhar uma determinada função no decorrer de um processo, e possui o conceito de integração de serviços que fornece a infraestrutura necessária para a comunicação entre as entidades funcionais (VERNADAT, 1996).

A arquitetura da CIMOSA modela as relações internas e externas do ambiente em termos de eventos e resultados, permitindo que modelos sejam integrados a outros modelos posteriormente, ligando-os através de suas relações. Para lidar com esta complexidade adota o conceito de EE em separar funcionalidades e comportamentos, tornando-os independentes. Assim, processos amplos são divididos em processos menores, resultando em uma rede de

atividades ligadas por um conjunto de regras comportamentais, que representa o processo de negócio. Os processos são iniciados por eventos, encerrando-se na produção de seus resultados, que podem vir a iniciar ou disparar outro processo (KOSANKE; VERNADAT; ZELM, 1999).

A estrutura de modelagem da CIMOSA promove a modelagem de operações da empresa de forma descritiva, ao invés de prescritivas, que modelam a empresa através de um conjunto de blocos de construção consistentes e não redundantes, cobrindo os vários aspectos da empresa. O *framework* de modelagem da CIMOSA (Figura 4) consiste de duas partes: (1) a arquitetura de referência; e (2) a arquitetura particular; e baseia-se em três princípios ortogonais: (1) o princípio de derivação; (2) o princípio de instanciação; e (3) o princípio de geração (VERNADAT, 1996).

Figura 4 – O *framework* de modelagem da CIMOSA



Fonte: Adaptado de Vernadat (1996).

No centro do *framework* de modelagem da CIMOSA encontra-se uma abordagem de modelagem orientada a eventos e processos, que estão na base da linguagem da CIMOSA (VERNADAT, 1996).

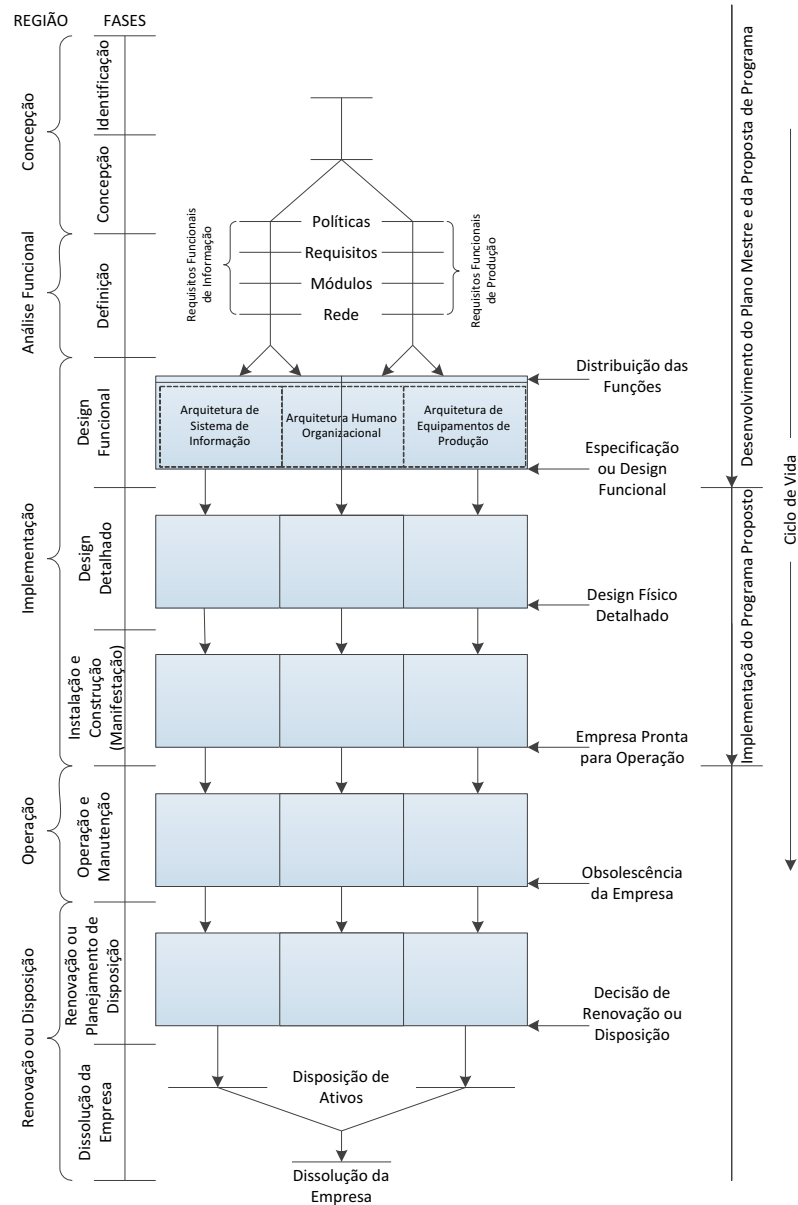
### 2.1.1.3 Purdue Enterprise Reference Architecture – PERA

A AE da PERA caracteriza-se pela sua estrutura em camadas (Figura 5), concebida



para abranger todo o ciclo de vida de uma empresa, desde sua criação e definição da missão até o seu nível operacional e encerramento. Cada camada define a fase de uma tarefa, e cada fase é informalmente descrita por um documento técnico com um conjunto de procedimentos. A Figura 5, além da representação gráfica do ciclo de vida da PERA, inclui as fases habituais e sua consolidação em regiões (LI; WILLIAMS, 1997; VERNADAT, 1996).

Figura 5 – Apresentação das fases (ou camadas) da PERA em termos do ciclo de vida da arquitetura



Fonte: Adaptado de Li e Williams (1997).

A utilização da PERA inicia-se com a **Fase de identificação**, na qual a administração corporativa define a parte da empresa que será considerada. Define-se então a missão, em termos de produto e serviço a serem oferecidos, a visão e valores da empresa para a entidade, além de qualquer outra operação ou ações mandatórias (como seleção de fornecedores),

formando assim a **Fase de concepção**. A **Fase de definição** descreve dois tipos de requisitos desenvolvidos a partir dos pronunciamentos da administração corporativa, de um lado os requisitos básicos para a produção, as pessoas e as orientações; e de outro lado a unidade de produção incluindo: o produto e os requisitos operacionais. Tais definições são tratadas como tarefas, sendo coletadas em módulos ou funções e estas podem ser conectadas em redes de informação, ou redes de material e fluxo de energia. A **Fase de design funcional** define os requisitos funcionais, como diagramas de instrumentação e controle e o layout da planta. A **Fase de design detalhado** preocupa-se com o detalhamento do projeto físico, como a seleção dos equipamentos e programas de treinamento, por exemplo. A **Fase de instalação e construção (manifestação)** trata da instalação física da planta, a instalação de equipamentos, construção das instalações, dentre outros. A **Fase de operação e manutenção** representa o dia-a-dia de produção da unidade fabril e o seu processo de manutenção e melhorias contínuas. A **Fase de renovação ou planejamento de disposição** analisa a possibilidade de reengenharia da empresa ou o encerramento das atividades da mesma. A **Fase de dissolução** da empresa gerencia o encerramento das atividades (WILLIAMS, 1994; VERNADAT, 1996; LI; WILLIAMS, 1997).

Como se observa na Figura 5, as quatro fases anteriores a **Fase de dissolução** são divididas em três partes, as quais correspondem às descrições distintas realizadas pela PERA entre os sistemas de informação, de organização humana e a de equipamentos de manufatura (VERNADAT, 1996).

#### 2.1.1.4 Generalized Enterprise Reference Architecture – GERA

Dentre os nove componentes da estrutura da GERAM apresentados anteriormente (Figura 1), a GERA é o componente mais desenvolvido. Os conceitos genéricos definidos pela GERA são (IFIP; IFAC, 1999):

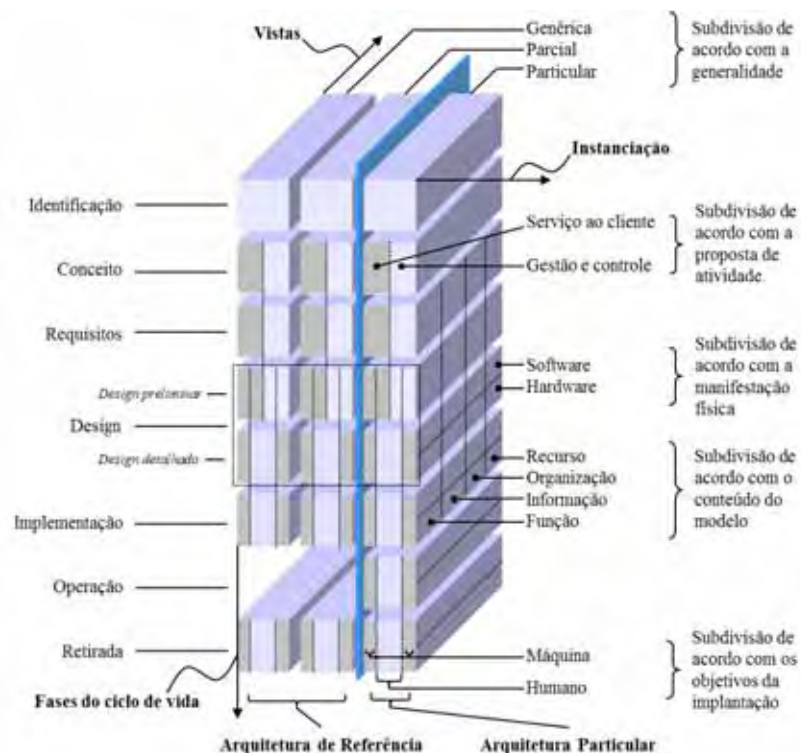
- Conceitos orientados a humanos: englobam aspectos humanos como capacidade, habilidade, experiência e competência, além das suas funções na organização e operação da empresa;
- Conceitos orientados a processos: lidam com as operações da empresa, dando cobertura a entidades e atividades em várias fases do ciclo de vida da empresa; e
- Conceitos orientados a tecnologia: lidam com as tecnologias utilizadas como infraestruturas no apoio a processos, modelos de recurso, dentre outros.

O ciclo de vida da GERAM, descrito pelo conceito orientado a processo da GERA, pode ser aplicado a qualquer empresa ou a qualquer de suas entidades. As diferentes fases do ciclo de vida definem os tipos de atividades que são pertinentes durante a existência da entidade. Atividades do ciclo de vida englobam todas as tarefas, desde a identificação até o descomissionamento (fim de vida) da empresa ou entidade. A GERA possui três dimensões que definem seu escopo, conteúdo e modelagem da empresa, a saber (VERNADAT, 1996; IFIP; IFAC, 1999; CHAHARSOOGHI; AHMADI ACHACHLOUEI, 2011):

- Dimensão de ciclo de vida: sustenta o processo de modelagem de entidades de empresa de acordo com as atividades do ciclo de vida;
- Dimensão de instanciação: apoia o processo de particularização (instanciação) do genérico e parcial para o particular; e
- Dimensão de vistas: suporta a visualização de vistas específicas da entidade de empresa.

No total a GERA possui sete atividades de ciclo de vida, definidas conforme mostra a Figura 6, que quando utilizado na descrição do ciclo de vida de uma entidade é por si só um modelo da metodologia de EE (VERNADAT, 1996; IFIP; IFAC, 1999).

Figura 6 – Fases do ciclo de vida da GERA para alguma empresa ou entidade



Fonte: Adaptado de IFIP e IFAP (1999).

No modelo apresentado (Figura 6) a fase **Identificação** representa o conjunto de

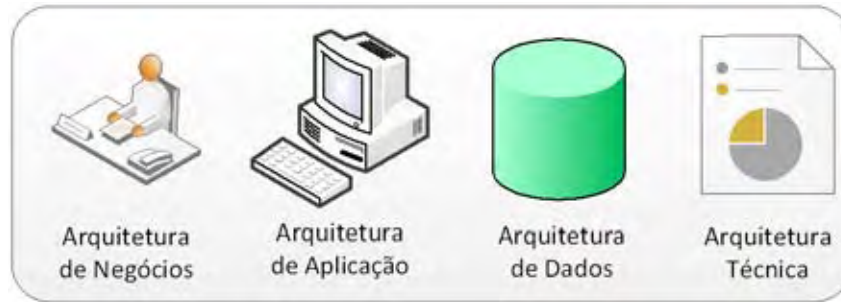
atividades que identificam qual a entidade do ciclo de vida que está sendo considerada. A fase **Conceito** reúne as atividades necessárias, como definição da missão, visão, valores, estratégias, objetivos, dentre outros, necessários para o desenvolvimento da entidade subjacente (mais abaixo). A fase de **Requisitos** representa as atividades necessárias para a elaboração de descrições de exigências operacionais da entidade da empresa, seus processos relevantes e a coleção de suas necessidades funcionais, comportamentais, informacionais e capacidades. A fase **Design** engloba as atividades que apoiam a especificação da entidade com todos esses componentes que satisfazem a entidade, incluindo o projeto de todas as tarefas humanas e de máquinas relacionadas com os serviços de clientes e produtos da entidade e a relação entre as funções de gestão e controle. Vale ressaltar a sua divisão em subfases permitindo assim uma estruturação adicional de atividades no ciclo de vida. A fase de **Implementação** apresenta as atividades que definem todo trabalho que deve ser realizado para se construir ou reconstruir (isto é manifestar). Na fase de **Operação** contemplam-se as atividades da entidade necessárias para a produção do produto ou serviço customizado, monitorando, controlando e avaliando a operação. A fase de **Retirada** possui atividades necessárias para se redefinir a missão, reciclagem, separação ou disposição de toda ou parte da entidade ao término de sua vida útil de operação, dentre outros (IFIP; IFAC, 1999).

#### 2.1.1.5 The Open Group Enterprise Architecture Framework – TOGAF

A TOGAF vem sendo desenvolvida desde de 1990, como um *framework* arquitetônico que oferece abordagem abrangente para o design, planejamento, implementação e governança da informação da AE. Considerando as AE como um conjunto dividido em quatro categorias (Figura 7), ou domínios, descritos a seguir (THE OPEN GROUP, 2011; TUPPER, 2011a; MOHAMED *et al.*, 2012):

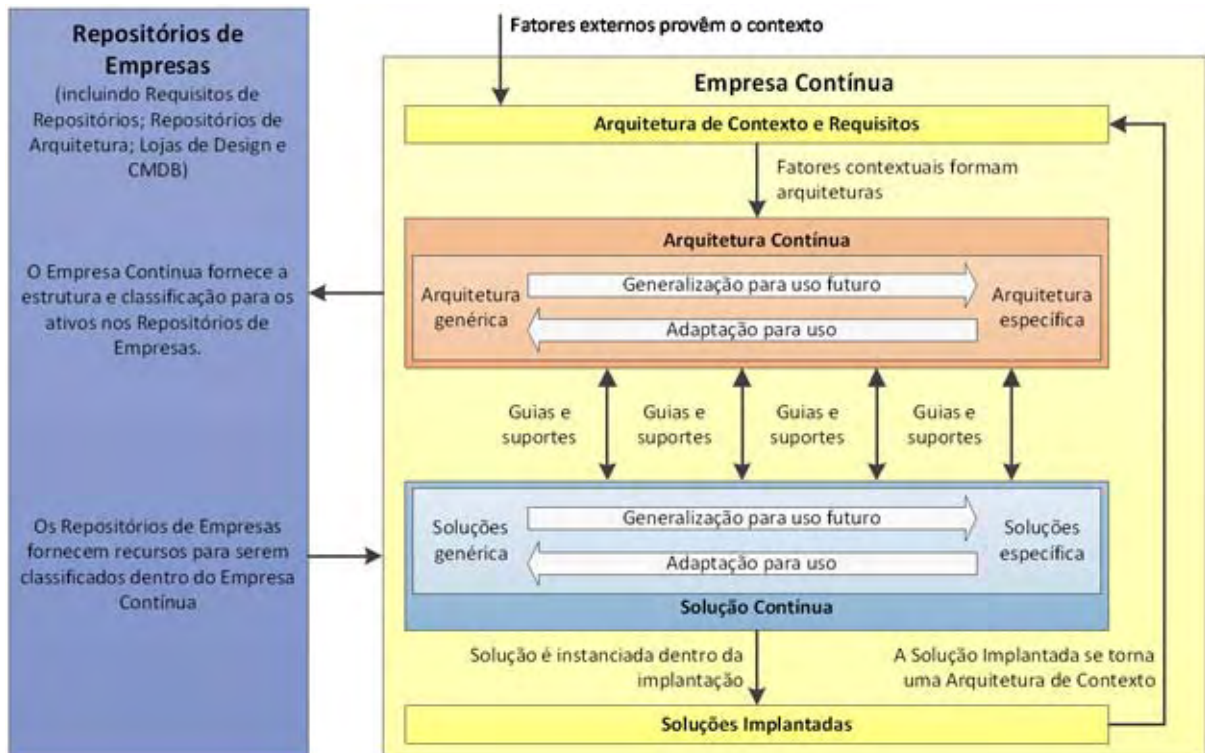
- Arquitetura de negócio: descreve os processos de negócio utilizados pelas empresas para atingir seus objetivos;
- Arquitetura de aplicação: descreve o design das aplicações específicas que são utilizados pelas empresas e como eles interagem com as demais;
- Arquitetura de dados: descreve como os dados são estruturados, protegidos, organizados, providos e acessados; e
- Arquitetura técnica: descreve toda a infraestrutura de hardware e software que suportam as operações do negócio, aplicativos e dados, bem como suas interações.

Figura 7 – Arquitetura de Empresas da TOGAF



Fonte: Adaptado de Tupper (2011a).

A TOGAF entende o mundo das AE como uma Empresa *Continuum* (*Enterprise Continuum*), que define o processo de criar uma AE específica a partir de soluções genéricas, que vão sendo alavancadas e especializadas para suportar os requisitos de uma empresa em particular. O Empresa *Continuum* prove métodos para classificar arquiteturas e artefatos de solução, conforme sua evolução de arquiteturas genéricas para arquiteturas específicas, além de permitir ao arquiteto articular uma vasta gama de perspectivas referentes ao design da arquitetura. A Figura 8 mostra uma panorâmica do contexto e constituintes do Empresa Contínua (THE OPEN GROUP, 2011; TUPPER, 2011a).

Figura 8 – *Enterprise Continuum*

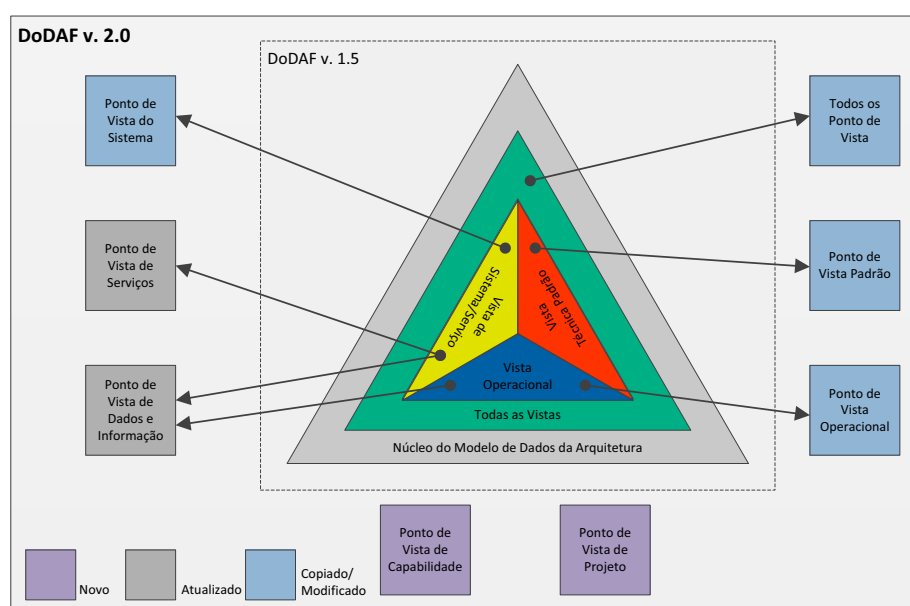
Fonte: Adaptado de The Open Group (2011).

### 2.1.1.6 Department of Defense Architecture Framework – DoDAF

O *framework* da Arquitetura Comando, Controle, Comunicação, Computadores, Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (*Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance Architecture Framework – C4ISR AF*) foi desenvolvido pelo Grupo de Trabalho da Arquitetura C4ISR (*Architecture Working Group*) do Departamento de Defesa (*Department of Defense – DoD*) dos Estados Unidos a fim de definir uma abordagem coordenada para o desenvolvimento de uma arquitetura, integração e apresentação através de suas organizações. A versão 1.5 do DoDAF é a evolução dos trabalhos desenvolvidos pela C4ISR, assim como as versões 2.0 e futuras (U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE, 2010; CHAHARSOOGHI; AHMADI ACHACHLOUEI, 2011; SHAHRAH; HOSSAIN; ALGHAMDI, 2012).

O objetivo principal de DoDAF é assegurar que as descrições da arquitetura podem ser comparadas e relacionadas através das fronteiras organizacionais, definindo um conjunto particular de elementos arquitetônicos e relacionamentos utilizados para descrever as arquiteturas (CHAHARSOOGHI; AHMADI ACHACHLOUEI, 2011). Seu *framework*, apresentado na Figura 9, provê uma estrutura para a preocupação específica das partes interessadas através de Pontos de Vista organizados por oito vistas. Estas vistas funcionam como mecanismos para: (1) visualização; (2) compreensão; (3) e assimilação da abrangência e complexidade; através de descrições: (1) estruturais; (2) comportamentais; (3) ontológicas; e (4) temporais (MINOLI, 2008; U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE, 2010).

Figura 9 – *Framework* da Arquitetura DoD



Fonte: Adaptado de U.S.Department of Defense (2010).

A seguir, uma breve descrição das oito vistas de DoDAF (U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE, 2010):

- Todos os Pontos de Vista: articulam aspectos gerais do contexto da arquitetura que se relacionam com todos os modelos;
- Ponto de Vista Padrão: articulam aplicações operacionais, de negócios, técnicas e políticas industriais, de normas, de orientações, de restrições e de previsões;
- Ponto de Vista Operacional: articulam cenários operacionais, processos, atividades e requisitos;
- Ponto de Vista do Sistema: articulam sistemas legados e sistemas independentes, sua composição, interligação e contexto, prevendo ou apoiando as funções do DoD;
- Ponto de Vista de Serviços: articulam os atores, atividades, serviços e suas trocas, prevendo ou apoiando às funções do DoD;
- Ponto de Vista de Dados e Informações: articula as relações de dados e estruturas de alinhamento no conteúdo da arquitetura;
- Ponto de Vista de Capacidade: articulam os requisitos de capacidades, tempo de entrega e capacidade implantada; e
- Ponto de Vista do Projeto: descreve as relações entre requisitos operacionais e requisitos de capacidade e os vários projetos que estão sendo implementados;

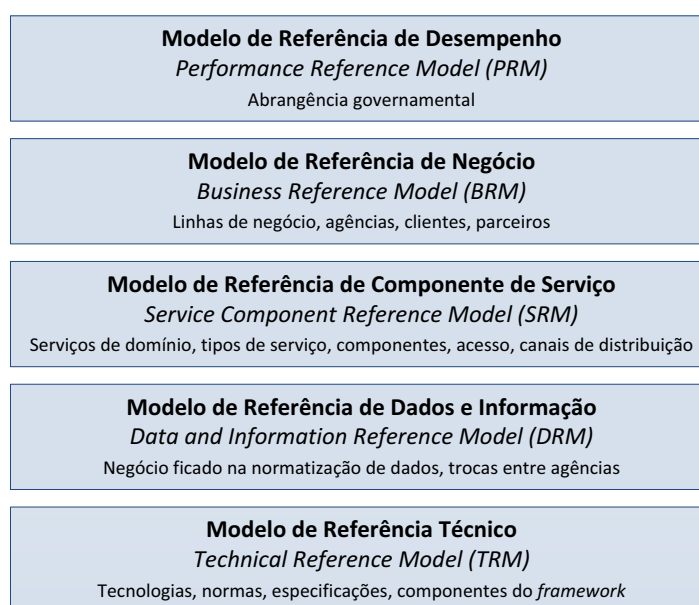
#### 2.1.1.7 Federal Enterprise Architecture – FEA

A FEA foi desenvolvida pelo Governo Federal dos Estados Unidos com o objetivo de melhorar a interoperabilidade entre todas as suas agências federais dentro de uma AE comum, e pode ser entendida tanto como uma metodologia para se criar uma AE como o resultado arquitetônico da execução deste processo para uma dada empresa. A responsabilidade pelo desenvolvimento, manutenção e facilitação da implementação da tecnologia da informação e/ou sistemas é do *Chief Information Officers Council (CIO Council)*, estabelecida em 2002 como a principal entidade interagência para melhorar as práticas de gestão de tecnologia da informação. Como parte de seu trabalho, o *CIO Council* publicou em 2001 a nova versão da FEAF (*Federal Enterprise Architecture Framework*) (MINOLI, 2008; TUPPER, 2011a).

A FEA é uma coleção de cinco modelos de referência inter-relacionados: (1) modelo de referência de desempenho; (2) modelo de referência de negócios; (3) modelo de referência

de componente de serviço; (4) modelo de referência de dados e informação; e (5) modelo de referência técnico; e três perfis gerais: (1) geoespacial; (2) segurança e privacidade; e (3) gerenciamento de registros; concebidos para facilitar a análise entre agências, incorporados em um Modelo de Referência Consolidado, destinados a promover práticas comuns de AE que melhorem o desempenho do governo. Coletivamente, os modelos de referência, apresentados na Figura 10 permitem a análise interagências e a identificação de redundâncias, lacunas e oportunidades de colaboração (MINOLI, 2008; BERNARD; LANDESBURG; ROSS, 2010; TUPPER, 2011a; MOHAMED *et al.*, 2012).

Figura 10 – *Federal Enterprise Architecture*



Fonte: Adaptado de Minoli (2008).

A seguir, uma breve descrição dos cinco modelos de referência da FEA (MINOLI, 2008):

- PRM: normatiza a descrição dos valores entregues pelo investimento em tecnologia da informação e sua contribuição para o desempenho do programa;
- BRM: um *framework* orientado por função que descreve as vistas de operações de negócios do governo federal independente das agências que a realizam;
- SRM: fornece uma visão do investimento em tecnologia da informação, classificando os sistemas de acordo com o seu suporte ao negócio ou desempenho, provendo a base para o reuso de aplicações, componentes e serviços empresariais;
- DRM: descreve e padroniza os dados e informações que sustentam as operações empresarias, capacitando as agências em retratar os tipos de interações e relacionamentos que ocorrem entre o governo e cidadãos; e



- TRM: um *framework* utilizado para classificar e identificar as várias tecnologias, padrões e especificações que podem apoiar e habilitar a entrega de componentes de serviços e capacidades utilizados na construção de sistemas de informação.

A seguir, um estudo sobre metodologias e métodos que fornecem suporte às AE é apresentado de forma sintética, abordando seus principais conceitos e aspectos.

### 2.1.2 Metodologias para a Engenharia e Integração de Empresas

As metodologias descrevem os processos da EIE, sendo expressas na forma de um modelo de processo ou procedimento estruturado com instruções detalhadas para as atividades da EIE (IFIP; IFAC, 1999).

Neste sentido, as metodologias fornecem orientações formais para o processo de desenvolvimento de aplicações, especificando os requisitos, as técnicas de análise e design e os estágios em que ocorrem, desenvolvendo também o sequenciamento de eventos. Existem várias metodologias diferentes entre si em um ou mais aspectos, que as tornam mais aderentes para um dado projeto (MINOLI, 2008; TUPPER, 2011b). Pode-se, portanto, delinear as metodologias como uma série de passos repetitivos para tratar um tipo particular de problema que normalmente se centra em um processo definido, mas podem também incluir definições de conteúdo (THE OPEN GROUP, 2011).

Na literatura encontram-se também alguns métodos de arquitetura, considerados um conjunto estruturado de técnicas e etapas de processo para criar e manter uma AE, normalmente especificando as diversas fases do ciclo de vida de uma arquitetura, quais entregas devem ser produzidas em cada etapa e como elas são verificadas ou testadas (LANKHORST *et al.*, 2005). Ressalta-se que uma metodologia nada mais é que a aplicação, ou utilização, de um dado método.

Com o intuito de auxiliar a utilização das metodologias e métodos para a criação de modelos de empresas os programas de pesquisa e desenvolvimento para o ambiente CIM (*Computer Integrated Manufacturing*) resultaram nos seguintes métodos, ou arquiteturas, para modelagem de empresas (MERTINS; JOCHEM, 2005): **CIMOSA**, família **IDEF** – *Integration DEFinition*, **GERAM**, **GRAI-GIM** – *Graphs with results and activities interrelated* – *GRAI Integrated Methodology* e **PERA**. Os seguintes métodos para AE também são dignos de menção (LANKHORST *et al.*, 2005): **FEAF** – *The Federal Enterprise Architecture Framework*, **RUP** – *Rational Unified Process*, **TOGAF ADM** – *TOGAF*

*Architecture Development Method* e **UMM** – UN/CEFACT *Modeling Methodology*. Todos vêm sendo empregados, por exemplo, no desenvolvimento de sistemas de informação, projetos de sistemas automatizados e simulações, assim como na melhoria de processos das empresas (DAVENPORT, 1994; HAMMER; CHAMPY; KORYTOWSKI, 1994; VERNADAT, 1996; LANKHORST *et al.*, 2005; MERTINS; JOCHEM, 2005).

A seguir, algumas das metodologias e métodos mencionados são apresentadas de forma sintética, abordando seus principais conceitos e aspectos.

#### 2.1.2.1 TOGAF Architecture Development Method – TOGAF ADM

O TOGAF cobre uma ampla gama de aspectos, desde um Método de Desenvolvimento de Arquitetura (ADM) até diretrizes, modelos de referência e um meta-modelo. O TOGAF ADM é um processo bem definido, iterativo e cíclico, aplicado durante o desenvolvimento do sistema, composto de oito fases: (1) visão da arquitetura; (2) arquitetura empresarial; (3) arquitetura de sistemas de informação; (4) arquitetura tecnológica; (5) oportunidades e soluções; (6) planejamento de migração; (7) implementação da governança; e (8) arquitetura de gestão de mudança. Proporcionando assim o detalhamento, a descrição completa e um processo que guia a criação de AE específicas, uma vez que move o modelo de um estado genérico para um estado específico. Inclui ainda: (1) o estabelecimento de um *framework* para arquitetura; (2) o desenvolvimento de conteúdo da arquitetura; e (3) transição e gestão. Todos estes aspectos são encontrados dentro de um ciclo iterativo de definição e realização contínuo da arquitetura, conforme a Figura 11 (LANKHORST *et al.*, 2005; ŠAŠA; KRISPER, 2011; THE OPEN GROUP, 2011; TUPPER, 2011a).

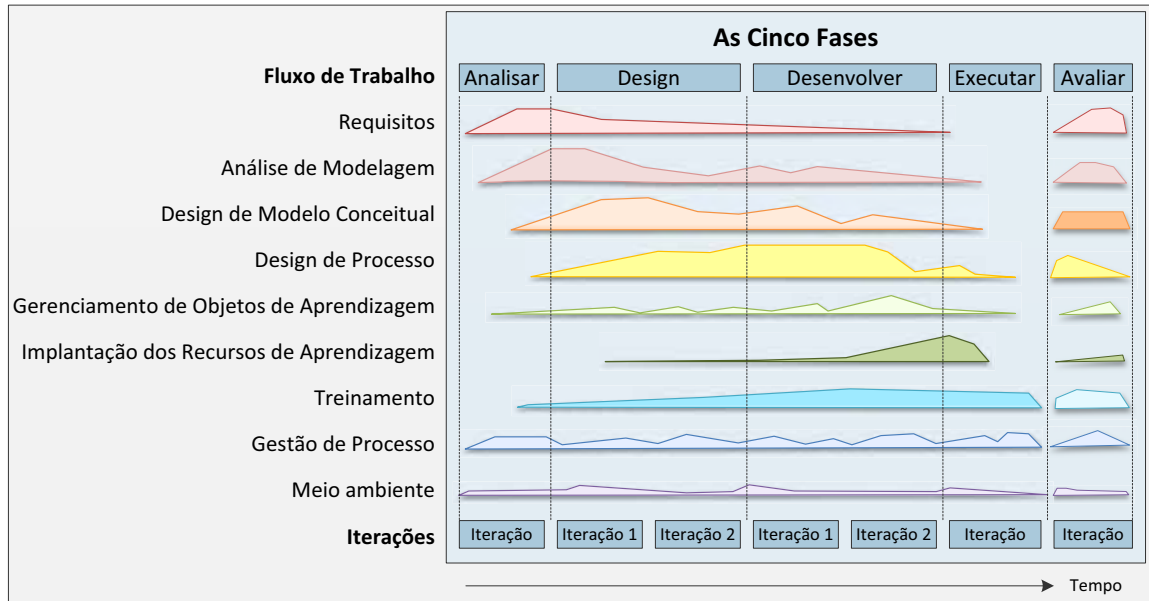
Figura 11 – A TOGAF ADM



Fonte: Adaptado de Tupper (2011a).

### 2.1.2.2 Rational Unified Process – RUP

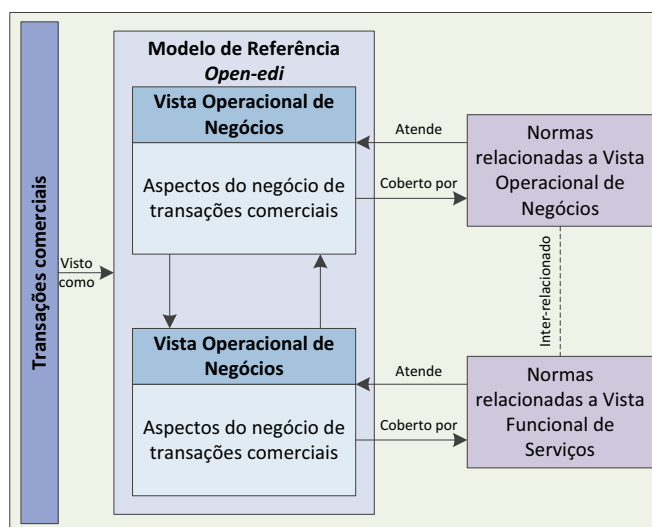
O RUP apesar de ser destinado ao desenvolvimento de software, desperta interesse, pois inclui análise de negócios e define um processo iterativo, em oposição ao processo em cascata clássico, adicionando funcionalidade para a arquitetura em cada incremento. Além disso, possui muitas das melhores práticas de desenvolvimento moderno, de forma a atender uma ampla gama de projetos e organizações de forma adequada. É também um guia de como utilizar efetivamente a UML – *Unified Modeling Language*, bem como uma extensão para AE de Tecnologia da Informação é dada sob a forma de *Enterprise Unified Process*. A Figura 12 ilustra o *framework* RUP em suas duas dimensões: fases e fluxo de trabalho. Para cada fluxo de trabalho existe um gráfico correspondente, que ilustra visualmente o esforço que determinada fase exige de cada fluxo de trabalho (LANKHORST *et al.*, 2005; JIANG, 2012).

Figura 12 – *Framework RUP*

Fonte: Adaptado de Jiang (2012).

### 2.1.2.3 UN/CEFACT Modeling Methodology – UMM

A UMM é um processo incremental de negócios e uma metodologia de construção de modelos de informação, fornecendo níveis de especificação granular adequados para comunicar o modelo aos profissionais da empresa, integradores de aplicativos empresariais e provedores de soluções de aplicação de rede. Seu escopo habilita a captura do conhecimento das operações empresariais independente dos aspectos específicos da tecnologia utilizada. A UMM é a metodologia formal para descrever qualquer cenário *Open-edi* conforme definido na ISO/IEC 14662 Modelo de Referência *Open-edi* (*Open-edi Reference Model*). O modelo de referência *Open-edi* é representado pela Figura 13 (UN/CEFACT, 2003; LANKHORST *et al.*, 2005; HOFREITER *et al.*, 2006).

Figura 13 – Modelo de Referência *Open-edi*

Fonte: Adaptado de UM/CEFACT (2003).

#### 2.1.2.4 Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology – GERAM

A GERAM (Figura 1), através de seu componente Metodologia para Engenharia de Empresas, descreve o processo de IE por meio de seu escopo definido no ciclo de vida da GERA, proporcionando uma metodologia generalizada aplicável a qualquer empresa independentemente do setor na qual atua. A estrutura proposta pela GERAM entende que a metodologia de EE descreve o processo de IE, servindo de guia ao usuário nas tarefas de engenharia de modelagem de empresas, onde diferentes metodologias cobrirão aspectos distintos no processo de mudança da empresa, que podem ser desde uma integração completa dos processos ou um processo de melhoria contínua (IFIP; IFAC, 1999).

A EE pode ser realizada como um projeto específico, contudo a tarefa de integração pode ser iniciada a partir de qualquer atividade do ciclo-de-vida. Neste sentido, as metodologias de engenharia de empresa devem possuir processos relacionados às diferentes tarefas da EE definidos de forma independente uns dos outros, permitindo sua combinação no âmbito da tarefa particular de engenharia. Descreve-se, portando, as metodologias de engenharia de empresas em termos de modelos de processo ou descrições com instruções detalhadas para cada tipo de atividade do processo de integração, sustentando a identificação de informações a serem usadas e produzidas, recursos necessários e responsabilidades atribuídas durante a EE (IFIP; IFAC, 1999).

Para GERAM um aspecto importante para uma metodologia estruturada é o fator humano, tido como parte crucial no sucesso de um projeto de integração. Outro ponto

importante é a associação da metodologia com técnicas de gestão de projetos, executando de forma eficiente a análise, projeto e implementação de uma EE. Por fim salienta o aspecto econômico, onde devido a escolha de investimentos que dependem de objetivos contraditórios, visões técnicas e econômicas deveriam ser estudadas nos diferentes passos de um processo de integração (IFIP; IFAC, 1999).

### 2.1.3 Conceitos Genéricos de Modelagem de Empresas

Os Conceitos Genéricos para Modelagem de Empresas formalizam e definem os conceitos mais genéricos de modelagem de empresas, como segue (IFIP; IFAC, 1999):

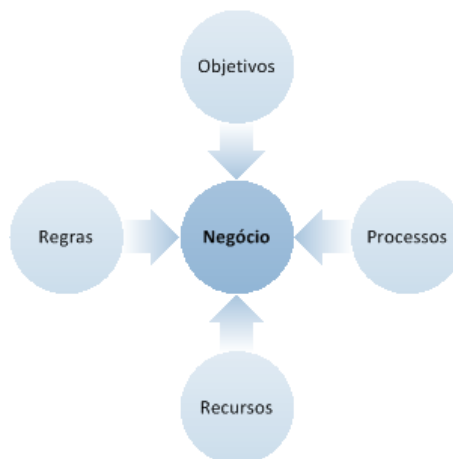
- Explicação natural do significado da linguagem dos conceitos de modelagem (glossário);
- Alguma forma de meta modelo (por exemplo, meta esquema de relacionamento de entidades) descrevendo a relação entre os conceitos de modelagem disponíveis nas linguagens de modelagem de empresa;
- Teorias Ontológicas que definem o significado (semântica) das linguagens de modelagem de empresas para melhorar a capacidade analítica das ferramentas de engenharia, e através delas a utilidade dos modelos de empresas. Tipicamente, estas teorias seriam construídas dentro das ferramentas de engenharia.

Neste sentido, a modelagem de empresas preocupa-se com métodos de análise e representações para o design, engenharia e automação das operações da empresa em vários níveis (VALLEJO; ROMERO; MOLINA, 2012), sendo compreendida como uma atividade de construção de modelos. Onde um modelo, por sua vez, é uma simplificação da realidade, representando uma abstração do funcionamento do próprio negócio com maior ou menor grau de formalidade, sendo composto por: objetivos, processos, recursos e regras, conforme a Figura 14 (ERIKSSON; PENKER, 2000; BALDAM *et al.*, 2007; ROCHETTI; CAMPOS; CARVALHO, 2010):

- Objetivos: são os propósitos do negócio, ou simplesmente, o resultado que toda a organização deseja atingir;
- Recursos: constituem os objetos utilizados em um negócio, tais como pessoa, material, informação ou produto;
- Processos: constituem um conjunto de atividades estruturadas para que um produto (bem ou serviço) seja gerado; e

- Regras: são declarações que restringem, derivam e fornecem condições de existência, representando o conhecimento do negócio.

Figura 14 – Abstração do funcionamento de um negócio



Fonte: Adaptado de Eriksson e Penker (2000).

Tal representação através da modelagem de empresas denota uma abstração de como a empresa opera, diferindo em número de detalhes de acordo com a perspectiva do autor do modelo, pois cada autor possui naturalmente uma tênue diferença no ponto de vista em relação aos objetivos e visões da empresa, permitindo que detalhes irrelevantes sejam suprimidos, priorizando um ou mais aspectos importantes para uma determinada análise (ROCHETTI; CAMPOS; CARVALHO, 2010).

Buscando organizar o conhecimento existente sobre o assunto, uma classificação para a modelagem de empresas foi proposta de acordo com as suas finalidades, resumidas da seguinte forma: (1) compreensão e projeto de processos; (2) suporte a gestão de processos; (3) análise e simulação baseada em computador; (4) integração de empresas; e (5) desenvolvimento e implantação de sistemas (VERNADAT, 1996; ROCHETTI; CAMPOS; CARVALHO, 2010). Devido a esta complexidade, não existe um modelo perfeito, único ou indiscutível para a representação de um processo (BALDAM *et al.*, 2007).

#### 2.1.4 Linguagens de Modelagem de Empresas

Com novos avanços em métodos de EE, bem como a forte necessidade para a IE, existe a necessidade de linguagens de modelagem de empresas eficientes, bem como ferramentas eletrônicas (softwares) que deem suporte a estas linguagens.

As linguagens de modelagem devem ser capazes de expressar os modelos de todas as áreas definidas na estrutura de modelagem e representar as operações da empresa de vários

pontos de vista. Para cada área da estrutura, pode haver uma linguagem de modelagem selecionada de acordo com a metodologia de EE, a qual pode prescrever algumas tarefas de análise que requerem uma determinada linguagem de modelagem. Portanto, as linguagens de modelagens de empresas são definidas como construtores de modelagem, os quais representam os diferentes elementos das entidades de empresa modeladas, melhorando a eficiência da modelagem e a compreensão do modelo (IFIP; IFAC, 1999; ROCHETTI; CAMPOS; CARVALHO, 2010).

Existem várias linguagens e notações para modelagem, como: ArchiMate – *ArchiMate Enterprise Architecture Modeling Language*, BPDM – *Business Process Definition Meta model*, BPMN – *Business Process Modeling Notation*, CIMOSA, EPC, GRAI/GIM, IDEF, IEM – *Integrated Enterprise Modeling*, Petri Net, RAD – *Role Activity Diagram*, UML AD – *UML Activity Diagram* e UEML – *Unified Enterprise Modeling Language* (IFIP; IFAC, 1999; VERNADAT, 2002; LIST; KORHERR, 2006; ROCHETTI; CAMPOS; CARVALHO, 2010; MOHAMED *et al.*, 2012). Infelizmente, até agora, nenhuma linguagem existente para descrição de EE possibilita a integração e modelagem total de uma empresa (SCHEKKERMAN, 2011).

### 2.1.5 Modelos Parciais de Empresa

Os modelos de EE capturam conceitos comuns para muitas empresas de forma a melhorar a eficiência da modelagem de empresas. Tais modelos servem de base para a construção de modelos particulares de empresas. Os modelos de EE podem ser expressos como (IFIP; IFAC, 1999):

- Modelos que capturam partes comuns de uma dada classe de empresas;
- Modelos Paradigmáticos (referência ou prototipação) que descrevem uma empresa típica de uma classe (podem ser subsequentemente modificados para ajustar-se a um caso particular); e
- Modelos Abstratos de parte ou toda classe de empresas, capturando as coisas mais comuns, mas omitindo detalhes específicos.

Os modelos parciais devem abranger alguns aspectos importantes, tais (IFIP; IFAC, 1999):

- Papeis humanos: abordando tomadas de decisão, capacidades e habilidades profissionais nos aspectos social e técnico;



- Processos: contemplando uma vista comum dos processos operacionais da empresa, preocupando-se com vários processos, como processo e desenvolvimento de produtos, processos administrativos, gestão da cadeia de suprimentos, e muitos outros;
- Tecnologia: provem descrições comuns de recursos e suas agregações; e
- Tecnologia de Sistemas de Informação: aborda os componentes necessários para a integração da empresa em um sistema de informação, permitindo ainda a portabilidade de informações entre sistemas heterogêneos.

Os modelos parciais de empresa, também conhecidos como modelos de referência reutilizáveis, capturam conceitos comuns a diversas empresas, e estes por sua vez são utilizados na modelagem de empresas visando melhorar a eficiência do processo de modelagem. Esses modelos auxiliam no processo de engenharia de requisitos provendo registros do entendimento atual, comunicação, desenvolvimento de requisitos e exploração de designs de alto nível. Desta forma, as empresas obtêm seus modelos particulares através dos modelos parciais (IFIP; IFAC, 1999; MONZANI; BREMER, 2001; SALAY *et al.*, 2013).

Pode-se definir modelos parciais como (IFIP; IFAC, 1999):

- Modelos que capturam alguma parte comum de uma classe de empresas;
- Modelos paradigmáticos, que descrevem uma empresa típica de uma classe; e
- Modelos abstratos, de uma parte ou um conjunto de classes de empresas, capturando semelhanças e descartando detalhes.

As vantagens alcançadas em se adotar tais modelos consistem em (BREMER; LENZA, 2000; MONZANI; BREMER, 2001):

- Desenvolvimento do modelo particular com redução de tempo e custo;
- Melhores práticas, pois permite comparar as atividades da empresa com as propostas pelo modelo; e
- Melhor suporte na implantação de sistemas de gestão empresarial.

Tais modelos parciais podem ser aplicados em áreas específicas de uma empresa, como recursos humanos, processos e tecnologia. Na área de recursos, são necessários para modelagem da tomada de decisão, capacidades e habilidades profissionais e aspectos sócio técnicos. Na área de processo, são necessários para melhorar significativamente a modelagem de processos da empresa tais como processos de compra, pedido, desenvolvimento de

produto, administrativos e relações com organizações externas. Na área de tecnologia, são necessários para prover descrição de recursos de tecnologia e sua agregação com os setores da empresa, provendo descrições comuns de componentes e regras operacionais (IFIP; IFAC, 1999). Neste contexto, a união das melhores práticas relacionadas a um determinado processo de desenvolvimento, representadas de forma clara a qualquer usuário do sistema, definem um modelo de referência (SALGADO *et al.*, 2010).

Portanto, o intuito dos modelos de referência para EE é buscar uma abordagem holística da empresa de forma a integrar todas as suas atividades em um único modelo, independente da importância da atividade para o produto ou processo final do negócio.

## 2.2 SÍNTESE SOBRE A ENGENHARIA E INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS

Mediante a ampla revisão da literatura existente sobre este tema, constata-se que o conceito de Engenharia e Integração de Empresas é, de uma forma geral, muito abrangente e complexo. Por esta razão, realizou-se um recorte dos assuntos, abordando apenas os conteúdos considerados mais viáveis para a elaboração da proposta final.

As Arquiteturas de Empresas apresentadas possuem, cada uma, particularidades não apenas na forma como abordam as empresas, mas também na finalidade para a qual foram concebidas.

O *Framework Zachman*, por exemplo, relaciona como devem ser categorizados os objetos arquiteturais de uma empresa, enquanto a TOGAF provê um processo para a criação desses objetos arquiteturais. Por sua vez, a FEA pode ser vista tanto como uma metodologia para se criar objetos arquiteturais, como a TOGAF, ou como o resultado da execução desse processo arquitetônico em uma dada empresa em particular (como o *Framework Zachman*).

A arquitetura CIMOSA define o suporte à integração de máquinas, computadores e pessoas por meio da troca de informações eficientes dentro da empresa, enquanto a PERA divide a empresa em múltiplas camadas e estágios de um ciclo de vida arquitetural. Por outro lado o DoDAF desenvolve e representa as descrições para comparação e integração de arquiteturas através das fronteiras organizacionais e multinacionais.

Como mencionado, as arquiteturas são concebidas para auxiliar as empresas no contexto no qual estão inseridas. Entretanto, as empresas são sistemas complexos, em constante adaptação tanto para atender as necessidades mercadológicas como para garantir a continuidade de seus negócios. Neste sentido, a GERAM, devido a sua generalidade e componentes abrangentes, surge como opção para as empresas que buscam adequar seus

processos e produtos às suas novas necessidades.

A GERAM pode suportar, por conta de sua generalidade, alterações e sistematizações coerentes com seus componentes, permitindo assim as empresas flexibilidade o desenvolvimento e manutenção de seus negócios. Como exemplo desta flexibilidade pode-se citar a necessidade crescente das empresas na busca pelo Desenvolvimento Sustentável.

Existem, no meio acadêmico e empresarial, debates sobre como o Desenvolvimento Sustentável pode ser alcançado e gerenciado pelas empresas, haja visto que nenhuma das AE clássicas na área da EIE encontradas na literatura tratam do assunto.

Neste sentido, o próximo capítulo aborda os principais conceitos do que é o Desenvolvimento Sustentável, bem como alguns dos recursos mais utilizados pelas empresas que buscam alcançar o Desenvolvimento Sustentável em suas operações.

### 3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A sustentabilidade não é um conceito recente, mas sim, o desenvolvimento de um debate de alcance mundial, que se iniciou no final da década de 1970, com a criação de Comissões Internacionais para tratar de assuntos como paz, liberdade, desenvolvimento e meio ambiente que, embora reinterpretados com o decorrer do tempo, permaneceram como questões importantes (KATES; PARRIS; LEISEROWITZ, 2005; MEDINI; DA CUNHA; BERNARD, 2011).

Em 1982 foi criada a Comissão para o Desenvolvimento e Meio Ambiente (*World Commission on Environment and Development*) pela Assembleia Geral das Nações Unidas, vindo a ser conhecida como Comissão Brundtland (MEDINI; DA CUNHA; BERNARD, 2011). Seus trabalhos concentraram-se nos temas desenvolvimento e meio ambiente, resultando em 1987 na publicação do relatório “Nosso Futuro Comum” (*Our Common Future*), que definiu Desenvolvimento Sustentável (DS) como o “desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazerem as suas próprias necessidades”. As três dimensões da sustentabilidade, nomeadas como: social, econômica e ambiental; foram mencionadas neste relatório (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987).

Embora a definição de DS apresentada seja muito utilizada, ela não menciona expressamente os assuntos meio ambiente ou desenvolvimento. As definições a seguir, quando raramente usadas, trazem de forma mais clara definições utilização desses termos. Sobre desenvolvimento, o relatório afirma que: (1) as necessidades humanas são básicas e essenciais; (2) que o crescimento econômico, mas também a igualdade em compartilhar recursos com os pobres, é necessário para sustentá-los; e (3) que a igualdade é incentivada através da participação efetiva do cidadão. No meio ambiente, o conceito de DS implica em limites, não limites absolutos, mas sim em: (1) limitações impostas pelo estado atual da tecnologia e da organização social sobre os recursos ambientais; e (2) pela capacidade da biosfera em absorver os efeitos das atividades humanas (KATES; PARRIS; LEISEROWITZ, 2005).

Dando continuidade às discussões, foi realizada no Rio de Janeiro, em 1992, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, intitulada “Cúpula da Terra”, que resultou na emissão de uma declaração de princípios denominada “Agenda 21”, contendo acordos internacionais sobre mudanças climáticas e biodiversidade e uma declaração de princípios sobre florestas (PARSON; HAAS; LEVY, 1992; KATES; PARRIS;

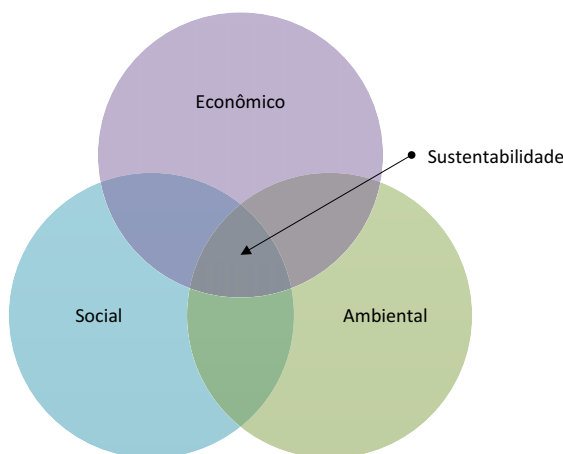
LEISEROWITZ, 2005).

Dez anos mais tarde, Durante a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, realizada em 2002 em Johannesburgo na África do Sul, os compromissos com o DS foram reafirmados por organizações internacionais, instituições nacionais, empresas e cidades (WORLD SUMMIT ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2002).

Em sua última conferência, conhecida como “RIO+20”, realizada em 2012 no Rio de Janeiro, o relatório final “O Futuro que Queremos” (*The Future We Want*) renovou o comprometimento com o DS para com as gerações atuais e futuras, citando o problema da erradicação da fome como sendo um requisito indispensável e, de forma explícita, reconhece a necessidade de integrar os aspectos econômicos, sociais e ambientais, reconhecendo as suas interligações de modo a alcançar o DS em todas as suas dimensões (UNITED NATIONS CONFERENCE ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2012).

Buscando ilustrar como os aspectos econômico, social e ambiental estavam inter-relacionados, muitos modelos e diagramas foram criados. A partir de 1995, Clift e muitos outros propuseram uma ilustração de intersecção utilizando o diagrama de Venn, porém, foi em 1998 que Elkington definiu o conceito de *Triple Bottom Line* – TBL (Figura 15), que ficou conhecido como a intersecção do desempenho das dimensões econômica, ambiental e social (CAREW; MITCHELL, 2008; IRITANI *et al.*, 2012).

Figura 15 – Triple Bottom Line de Elkington



Fonte: Adaptado de Carew e Mitchell (2008).

Paralelamente às conferências conduzidas pelas Nações Unidas e governos locais em todo o mundo sobre DS, *frameworks* para avaliar a sustentabilidade foram desenvolvidos, em sua maioria focando nos níveis nacional, regional ou de comunidade. Esses *frameworks* abordam os pilares econômico, social e ambiental da sustentabilidade, enquanto alguns incluem um quarto pilar denominado “institucional”, introduzido pelas Nações Unidas.

Contudo, pouco se tem desenvolvido para incorporar as práticas de DS nas empresas (LABUSCHAGNE; BRENT; VAN ERCK, 2005). Alguns *frameworks* desenvolvidos no decorrer do tempo firmaram-se entre empresas, governos e *stakeholders* como eficientes na adoção de práticas e avaliação para o desenvolvimento sustentável, tais como a ISO 9001, ISO 14001, ISO 26000 e GRI. A seguir, apresenta-se uma síntese dos principais *frameworks* e trabalhos desenvolvidos para avaliação e aplicação da sustentabilidade.

### 3.1 FRAMEWORKS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

No final da década de 1990, o Instituto Wupperval para Clima, Meio Ambiente e Energia (*Wupperval Institute for Climate, Environment and Energy*) propôs, com base nas dimensões econômica, social, ambiental e institucional, um sistema de indicadores inter-relacionados entre as dimensões de DS (MEDINI; DA CUNHA; BERNARD, 2011).

Em 1997, o Ministério do Meio Ambiente (*German Federal Environment Ministry*) e a Agência Ambiental Federal Alemã (*German Federal Environment Agency*) estabeleceram a primeira lista abrangente de indicadores de desempenho ambientais que, diferente dos indicadores desenvolvidos até então, são aplicáveis em nível empresarial. Os indicadores foram divididos em (STANIŠKIS; ARBAČIAUSKAS, 2009; MEDINI; DA CUNHA; BERNARD, 2011):

- Indicadores de desempenho ambiental: com foco no impacto que a organização causa no meio ambiente;
- Indicadores de gestão ambiental: com foco nos esforços para reduzir o impacto ambiental; e
- Indicadores de condição do ambiente: que retratam a qualidade do meio ambiente ao redor da empresa.

No mesmo ano, o *Global Reporting Initiative* (GRI) foi apresentado como sendo um *framework* comum que abrange toda a organização e especifica diretrizes para que o desempenho da corporação seja reportado com base em indicadores de sustentabilidade, relacionados aos aspectos econômico, social e ambiental (BROWN; DE JONG; LESSIDRENSKA, 2009; GLOBAL REPORTING INITIATIVE, 2011).

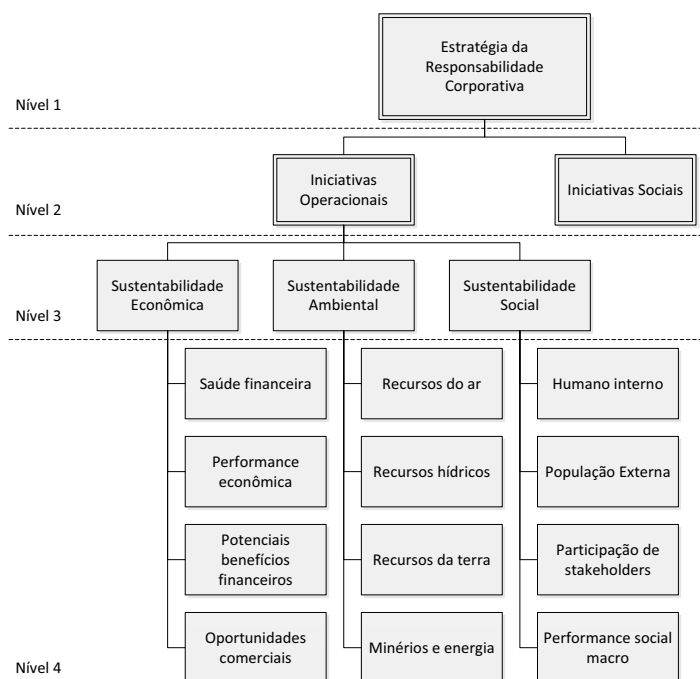
Em 1999, a Organização Internacional para Normatização (*International Standard Organization* – ISO) desenvolveu a norma ISO 14031 para avaliação do desempenho ambiental. A ISO 14031 trás recomendações as empresas de: (1) como desenvolver

indicadores para melhorar o desempenho ambiental; e (2) como usá-los na prática; dividindo-os em três categorias: (a) indicadores ambientais (do processo); (b) indicadores de desempenho de gestão; e (c) indicadores de condições ambientais. Sua metodologia clara permite às empresas a flexibilidade na seleção dos indicadores, e sua aplicação prática pode levar a mudanças positivas na gestão e desempenho de uma empresa (STANIŠKIS; ARBAČIAUSKAS, 2009).

Um ano mais tarde, o Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (*World Business Council for Sustainable Development*) desenvolveu, no ano 2000, uma metodologia que avaliava a “Eco eficiência”, a qual consiste em alcançar maior valor com entradas de materiais e energia menores, juntamente com a redução de emissões. Além de deixar recomendações de como desenvolver o relatório da “Eco eficiência”, sua metodologia integra os aspectos econômico e ambiental da sustentabilidade. Entretanto, não abrange o aspecto social, mas divide os indicadores em: (1) gerais, adequados para todas as atividades; e (2) específicos da atividade. Contudo, a aplicação desta metodologia é de que as informações coletadas ajudam as empresas a identificar os principais problemas e a promover a aplicação de medidas preventivas (STANIŠKIS; ARBAČIAUSKAS, 2009; MEDINI; DA CUNHA; BERNARD, 2011).

Em 2001, a Comissão das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável (*United Nation Commission on Sustainable Development*) criou um *framework* para avaliar os esforços governamentais no DS. Um ano mais tarde, o Instituto de Engenheiros Químicos (*Institution of Chemical Engineers*) apresentou um *framework* padronizado com métricas orientadas ao meio ambiente (MEDINI; DA CUNHA; BERNARD, 2011).

Seguindo esta tendência, em 2004 Labuschagne propôs um *framework* multinível, no qual avalia o DS nos níveis estratégico e operacional das organizações, distinguindo entre Responsabilidade Social Corporativa (*Corporate Social Responsibility – CSR*) e Sustentabilidade Social (*Social Sustainability*) de uma empresa (LABUSCHAGNE; BRENT; VAN ERCK, 2005). A *Corporate Social Responsibility* (Figura 16) retrata a responsabilidade da empresa para com a sociedade, analisando: (1) seu envolvimento social; (2) investimentos no combate à pobreza; e (3) implementação responsável das suas atividades essenciais. Sendo os últimos avaliados de acordo com os critérios econômico, ambiental e social (MEDINI; DA CUNHA; BERNARD, 2011).

Figura 16 – *Framework* multi nível para avaliação do Desenvolvimento Sustentável

Fonte: Adaptado de Labuschagne, Brent e Van Erck (2005).

Staniškis e Arbačiauskas (2009) propuseram um método de implementação e um conjunto de critérios para a seleção de indicadores. Cada indicador deve preencher certos critérios, como significatividade, clareza e eficiência (STANIŠKIS; ARBAČIAUSKAS, 2009). Os autores comentam que a maior falha dos sistemas existentes para a avaliação do desempenho da sustentabilidade é focar na comunicação externa, negligenciando as informações internas que são importante vetor para a melhoria real do desempenho. Outro ponto importante é de que os relatórios de sustentabilidade publicados pelas empresas são apenas “*greenwash*”, destinados a melhorar a imagem pública da empresa.

Assim como o Desenvolvimento Sustentável, o conceito de Sustentabilidade Corporativa (SC) vem ganhando destaque atualmente, como sendo outro aspecto de gestão empresarial a ser discutido, pois cada vez mais e mais empresas estão procurando tornar-se “verdes” e “sustentáveis”. Entretanto, as suas terminologias e métodos são muitas vezes confusos e inconsistentes entre si, tornando-os um dos grandes desafios para esta mudança global em direção ao Desenvolvimento Sustentável. O primeiro passo é reconhecer que os termos “verde” e “sustentável” significam coisas diferentes, cada um possuindo sua própria definição (ROSEN; SHARMA; KRICHEVSKY, 2009; IRITANI *et al.*, 2012).

Uma empresa ambientalmente responsável, ou “verde”, ativamente reduz os impactos ambientais dos seus produtos ou serviços, processos e ativos através de toda a cadeia de valor de forma coerente com sua operação normal, além de claras estratégias ambientais articuladas



para reduzir custos e riscos enquanto agrega valor aos *stakeholders* (ROSEN; SHARMA; KRICHEVSKY, 2009).

Porém, uma empresa tida como “verde” não significa que ela é também sustentável. Tradicionalmente, uma empresa é considerada sustentável se possui viabilidade financeira, entretanto, há uma consciência crescente de que as preocupações ambientais e sociais são também importantes, sendo este um dos grandes desafios da SC, o de gerenciar os relacionamentos conflitantes das dimensões do *Triple Bottom Line* (Figura 15) (ROSEN; SHARMA; KRICHEVSKY, 2009; IRITANI *et al.*, 2012).

Neste sentido, uma empresa é considerada sustentável se seus produtos, serviços, políticas e ativos estão balanceados entre as três dimensões: (1) viabilidade econômica; (2) responsabilidade ambiental; e (3) igualdade social. Assim, a SC baseia-se no amplo entendimento do conceito da sustentabilidade, moldado através de uma séria de influências política, pública e acadêmica ao longo do tempo (ROSEN; SHARMA; KRICHEVSKY, 2009; LINNENLUECKE; GRIFFITHS, 2010).

Essa grande variedade de definições criou confusão e impedimentos na busca e implementação da SC, não apenas a respeito de seu conceito, mas também na falta de clareza sobre a melhor forma de implementar a SC na prática organizacional. Os principais impulsionadores do processo de adoção da SC provêm de fatores externos às organizações, tais como regulamentações e normas ambientais estabelecidas pelos governos, ou resultante de pressões por parte de grupos de clientes e da comunidade (LINNENLUECKE; GRIFFITHS, 2010).

Estudos recentes apontaram pressões organizacionais internas para a adoção de práticas sustentáveis, identificando fatores como gestão de recursos humanos, suporte da alta direção, treinamento ambiental, capacitação dos funcionários, trabalho em equipe e sistema de premiação como aspectos importantes para se alcançar a SC (LINNENLUECKE; GRIFFITHS, 2010). Como resultado, existe entre as organizações uma forte crença de que a adoção de sistemas de gestão padronizados tais como a ISO 9001 e ISO 14001 parece ocorrer naturalmente, quase sem reflexão, quando se pretende alcançar o DS. Embora o conceito de DS seja um pouco diferente entre as empresas, todas baseiam seu ponto de vista nas definições encontradas no GRI (OSKARSSON; VON MALMBORG, 2005).

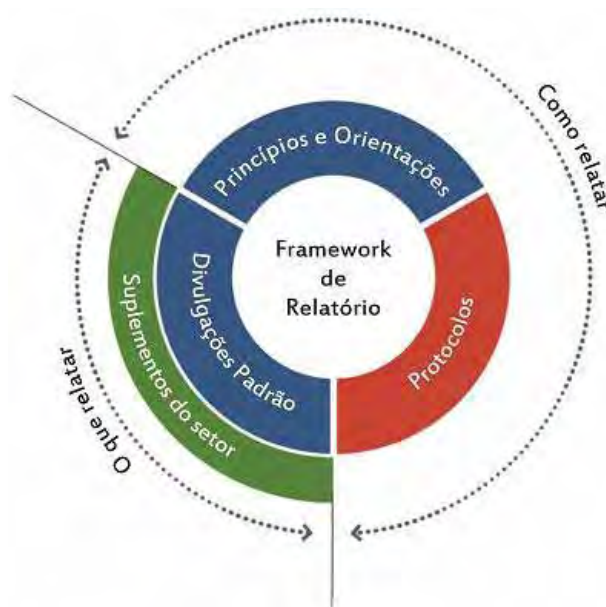
A seguir, algumas das principais ferramentas adotadas pelas empresas, na busca do desenvolvimento sustentável, são apresentadas.

### 3.2 GLOBAL REPORTING INITIATIVE

Em 1997, o Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas (*United Nations Environment Programme – UNEP*), em conjunto com a Coligação Econômica Ambientalmente Responsável (*Coalition for Environmentally Responsible Economics – CERES*), uma organização não governamental Estadunidense, criou o sistema GRI com o objetivo de criar um *framework* global comum para a notificação voluntária dos impactos econômicos, ambientais e sociais da empresa e, aos poucos, de outras organizações (LABUSCHAGNE; BRENT; VAN ERCK, 2005; BROWN; DE JONG; LESSIDRENSKA, 2009).

Contudo, sua primeira versão oficial foi lançada somente em 2000, e o desenvolvimento de uma nova edição iniciou-se em seguida. Atualmente encontra-se em sua terceira versão (Figura 17), lançada em 2006 (BROWN; DE JONG; LESSIDRENSKA, 2009; GLOBAL REPORTING INITIATIVE, 2011).

Figura 17 – Estrutura do *framework* GRI



Fonte: Adaptado de Global Reporting Initiative (2011).

O *framework* GRI possui diretrizes que consistem de princípios e recomendações e de um relatório padronizado. Seus indicadores dividem-se nos seguintes grupos: (1) econômicos; (2) ambientais; (3) de direitos humanos; (4) dos funcionários e local de trabalho; (5) relacionados ao produto; e (6) sociais. No total, setenta indicadores importantes são recomendados, os quais são detalhados pelos protocolos de indicadores. Os protocolos fornecem explicações, metodologias, o âmbito da utilização e outras referências técnicas sobre a utilização dos indicadores (STANIŠKIS; ARBAČIAUSKAS, 2009; GLOBAL

REPORTING INITIATIVE, 2011).

O intuito do GRI é especificar as diretrizes nas quais as organizações reportam seu DS, com base em indicadores relacionados aos aspectos econômico, social e ambiental da sustentabilidade. Esses indicadores podem ser originados, por exemplo, das certificações utilizadas pelas empresas, como as Normas ISO.

### 3.3 NORMAS ISO

Acredita-se que as normatizações sejam precursoras do esforço das empresas na busca pelo desenvolvimento sustentável (OSKARSSON; VON MALMBORG, 2005; ISO 26000, 2013). Sistemas de gestão ambiental, como a ISO 14001, têm se tornado uma ferramenta administrativa comum no mundo corporativo como uma forma de responder a sustentabilidade (MACDONALD, 2005).

Atualmente novas normatizações foram criadas, focando o ambiente de trabalho e a responsabilidade social. Dentre elas destacam-se a OHSAS 18001, desenvolvida para trabalhar em conjunto com a ISO 9001 e ISO 14001 (OSKARSSON; VON MALMBORG, 2005) e a ISO 26000, que fornece orientação de como as empresas e organizações podem operar de uma forma socialmente responsável (ISO 26000, 2013).

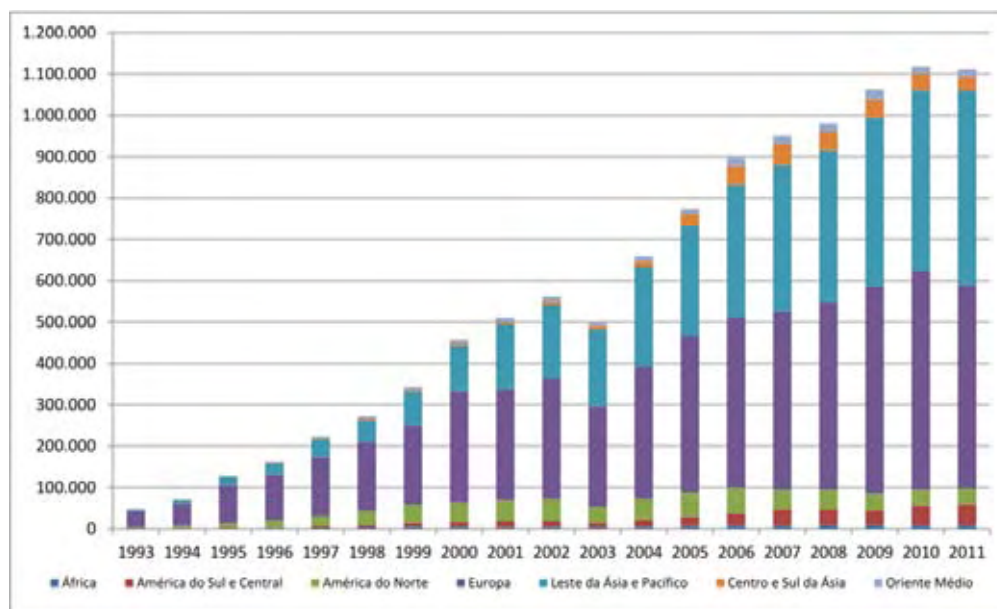
A Organização Internacional para Normatização (ISO) dedicou seus planos estratégicos de 2005 a 2010 a pesquisas relacionadas ao desenvolvimento sustentável, visando transformar o desejo de um mundo sustentável em ações práticas que alcancem resultados positivos. Como resultado, as normas, como ISO 9001, ISO 14001 e ISO 26000 tornaram-se fundamentais para o desenvolvimento sustentável, sendo fonte de conhecimento tecnológico nos ramos econômico, ambiental e social (STEELE, 2012). A seguir, um breve histórico das principais abordagens desenvolvidas para avaliação, desenvolvimento e implementação da sustentabilidade é apresentado.

#### 3.3.1 ISO 9001

A série ISO 9000 originou-se a partir de normas para contratações criadas pelos militares durante a Segunda Guerra Mundial, levando em 1979 a publicação pelo Instituto Britânico de Normatização os primeiros padrões de gestão da qualidade comercial, o BS 5750. A norma ISO 9000 foi lançada oficialmente em 1987, tendo como base o BS 5750 com algumas alterações (ZENG; TIAN; TAM, 2007). Atualmente a norma ISO 9000

encontra-se em sua quarta edição, com revisões em 1994, 2000 (JØRGENSEN; REMMEN; MELLADO, 2006) e 2008 (ISO 9001, 2008). A Figura 18 mostra o crescimento das empresas com certificação ISO 9001 no mundo (ISO SURVEY, 2012).

Figura 18 – *Survey* de empresas certificadas ISO 9001 no mundo



Fonte: Autor, dados obtidos de ISO Survey (2012).

A ISO 9001:2000 engloba qualidade, satisfação do cliente, redução de resíduos e queixas de clientes, padronização de processos de trabalho, melhoria na comunicação e o aumento da fatia de mercado. Para tanto, define um processo como uma atividade que utiliza recursos, e os gerencia de forma a permitir a transformação de entradas em saídas. Nesta abordagem, reconhece-se que uma empresa abrange uma série de processos específicos com os resultados de um, fornecendo, frequentemente, entradas para o processo seguinte (ABNT, 2000; JØRGENSEN; REMMEN; MELLADO, 2006).

A norma ISO 9001:2000 se baseia em oito princípios da qualidade, a saber (ZENG; TIAN; TAM, 2007):

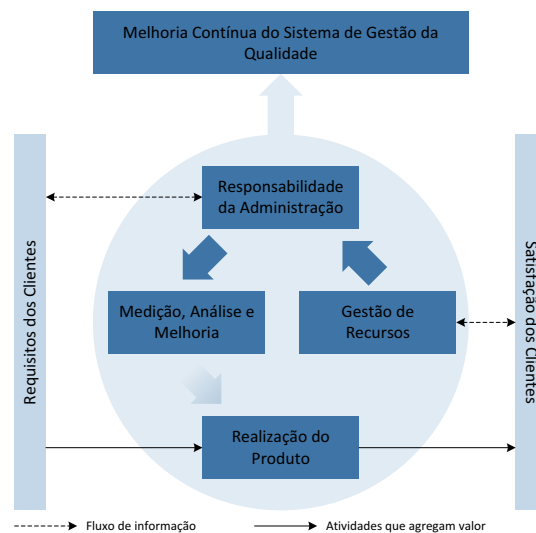
- Organização com foco no cliente;
- Liderança;
- Envolvimento das pessoas;
- Abordagem de processos;
- Abordagem do sistema de gestão;
- Melhoria contínua;
- Abordagem objetiva para a tomada de decisões; e
- Benefícios mútuo no relacionamento com fornecedores.

Com base nestes oito princípios, as 20 cláusulas da ISO 9001:1994 foram revisadas em cinco requisitos chave de gestão (ZENG; TIAN; TAM, 2007; ISO 9001, 2008):

- Sistema de gestão da qualidade;
- Responsabilidade da administração;
- Gestão de recursos;
- Realização do produto; e
- Medição, análise e melhoria.

A Figura 19 ilustra os relacionamentos entre os cinco requisitos.

Figura 19 – Modelo de processo baseado em um Sistema de Gestão da Qualidade



Fonte: Adaptado de ISO 9000 (2008).

A ISO 9001:2000 pode aplicar adicionalmente a metodologia do ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), como segue (ABNT, 2000):

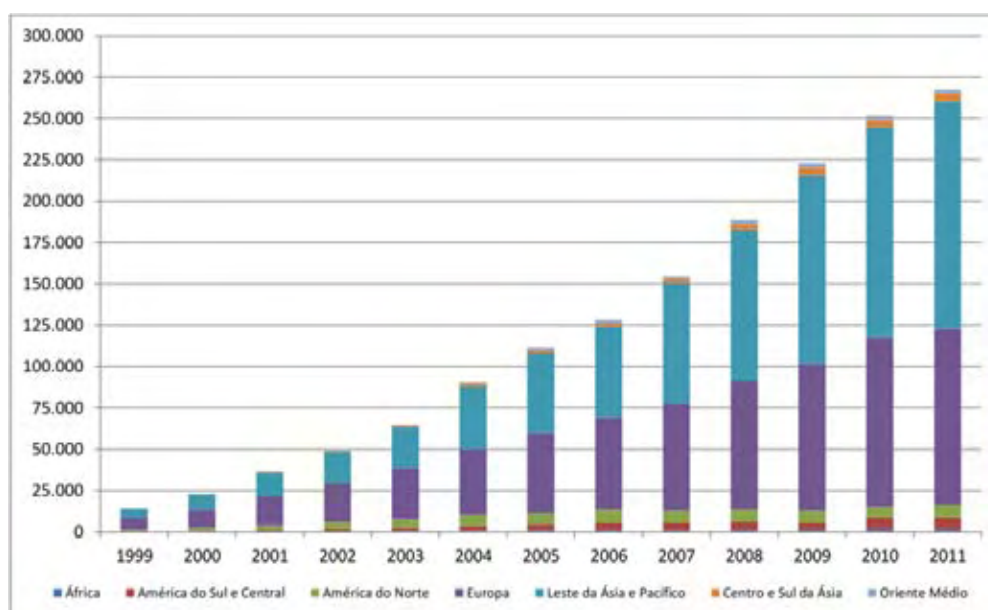
- Plano (*Plan*): estabelecer os objetivos e processos necessários para fornecer resultados de acordo com os requisitos do cliente e políticas da organização;
- Fazer (*Do*): implementar os processos;
- Verificar (*Check*): monitorar e medir os processos e produtos em relação às políticas aos objetivos e aos requisitos para o produto e relatar os resultados; e
- Agir (*Act*): tomar ações para promover continuamente a melhoria do desempenho do processo.

Vale ressaltar que a ISO 9001:2000 foi alinhada com a ISO 14001:1996, a fim de aumentar a compatibilidade das duas normas em benefício da comunidade e usuários (JØRGENSEN; REMMEN; MELLADO, 2006).

### 3.3.2 ISO 14001

Em 1996 a ISO publicou pela primeira vez a ISO 14000, cujos objetivos incluem os aspectos de qualidade e meio ambiente, mitigando a emissão de efluentes e reduzindo o impacto ambiental através da melhoria da satisfação do cliente. Acredita-se que a adoção desta norma é vista como uma ferramenta administrativa difundida no campo de resposta das empresas a sustentabilidade, auxiliando a tomada de decisões pelos gestores de forma competitiva, através da redução de custos no processo de fabricação e na busca pelo DS através do design de produtos verdes e processos de produção mais limpa, de forma a satisfazer a empresa e seus *stakeholders*. Além de pressionar os fornecedores a também buscarem a certificação, sendo a ISO 14001 um requisito mínimo para a seleção de fornecedores (ISO 14001, 2004; CHEN, 2005; MACDONALD, 2005). Devido a esses fatores a implantação da certificação ISO 14001:2004 tem crescido consideravelmente desde a sua criação, como pode ser visto na Figura 20.

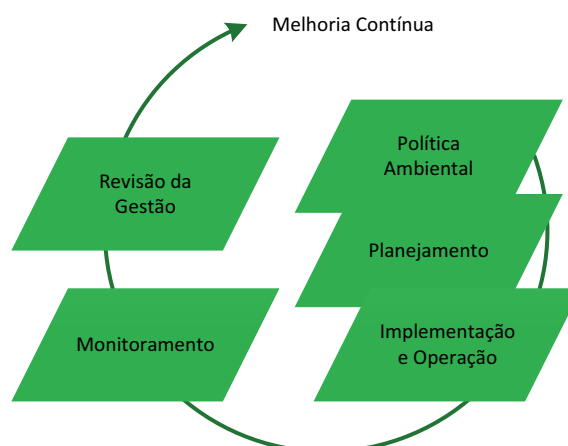
Figura 20 – Survey de empresas certificadas ISO 14001 no mundo



Fonte: Autor, dados obtidos de ISO Survey (2012).

A ISO 14001:2004 baseia-se no Sistema de Gestão Ambiental (*Environmental Management System*) e em dezessete cláusulas, ou requisitos genéricos, distribuídos em cinco categorias: (1) Política ambiental; (2) Planejamento; (3) Implementação e operação; (4) Monitoramento; e (5) Revisão da gestão. Cada cláusula foi escrita para se adequar a uma ampla diversidade de empresas, não sendo específica ou prescritiva (ISO 14001, 2004; MACDONALD, 2005). A Figura 21 mostra a base da abordagem ISO 14001:2004.

Figura 21 – Modelo do Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001



Fonte: Adaptado de ISO 14001 (2004).

A ISO 14001:2004, assim como a ISO 9001:2000, baseia-se na metodologia do ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), como segue (ISO 14001, 2004):

- Plano (*Plan*): estabelecer os objetivos e processos necessários para fornecer resultados de acordo com a política ambiental da organização;
- Fazer (*Do*): implementar os processos;
- Verificar (*Check*): monitorar e medir os processos contra a política ambiental, os objetivos, metas, requisitos legais e outros, e relatar os resultados; e
- Agir (*Act*): tomar ações para melhorar continuamente o desempenho do Sistema de Gestão Ambiental.

Um importante complemento da Norma ISO 14001:2004 é o Anexo B, que identifica amplas correspondências técnicas com a Norma ISO 9001:2000, e vice versa, facilitando seu uso e implementação (ISO 14001, 2004).

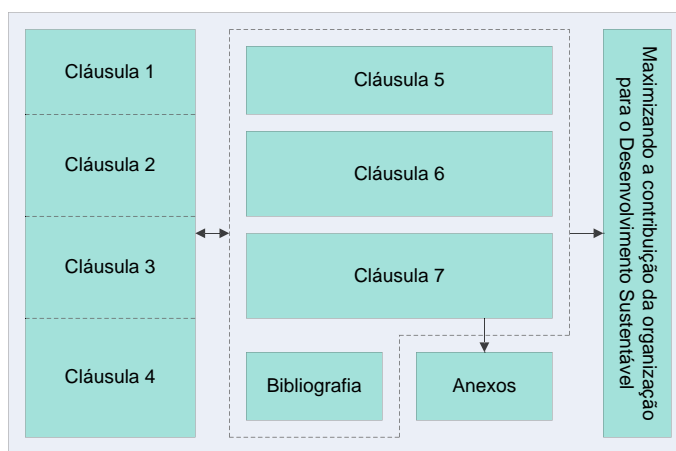
### 3.3.3 ISO 26000

Em 2010 a ISO publicou a ISO 26000, preparada pela ISO/TMB Grupo de Trabalho em Responsabilidade Social (ISO/TBM *Working Group on Social Responsibility*), que diferentemente das normas ISO 14001 e ISO 9001 apresenta orientações ao invés de requisitos e, portanto, não pode ser certificada. A ISO 26000 considera que a empresa tem responsabilidade pelos impactos de suas decisões e atividades na sociedade e meio ambiente, devendo ser transparente e ética de forma a contribuir para o DS, saúde e bem estar da sociedade. Sua estrutura (Figura 22) é composta por sete cláusulas, dois anexos e uma

bibliografia de apoio (ISO 26000, 2010; HAHN, R., 2012b; ISO 26000, 2013):

- Cláusula 1: Escopo;
- Cláusula 2: Termos e definições;
- Cláusula 3: Entendendo a responsabilidade social;
- Cláusula 4: Princípios da responsabilidade social;
- Cláusula 5: Reconhecendo a responsabilidade social e envolvendo os *stakeholders*;
- Cláusula 6: Orientação sobre os temas centrais da responsabilidade social;
- Cláusula 7: Orientação sobre integração da responsabilidade social em toda a organização;
- Anexo A: Exemplos de iniciativas voluntárias e ferramentas para responsabilidade social;
- Anexo B: Termos abreviados; e
- Bibliografia: Fontes oficiais e orientação adicional.

Figura 22 – Visão esquemática simplificada da ISO 26000



Fonte: Adaptado de ISO 26000 (2010).

Vale ressaltar que o comprometimento de uma organização com a responsabilidade social pode influenciar: (1) sua vantagem competitiva; (2) sua reputação; (3) sua capacidade em atrair e reter funcionários, clientes, fornecedores e usuários; (4) a manutenção da moral, empenho e produtividade dos funcionários; (5) o ponto de vista dos investidores, proprietários, doadores, patrocinadores e comunidade financeira; e (6) sua relação com empresas, governos, mídia, fornecedores, clientes e a comunidade na qual atua; entre outras coisas. Ressaltando a importância de resultados e melhorias na performance da responsabilidade social (ISO 26000, 2010).



### 3.4 SÍNTESE SOBRE O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O Desenvolvimento Sustentável, como visto, não depende apenas do aspecto econômico, mas também do desempenho e processo de melhoria contínua que a empresa obtém nas dimensões do *Triple Bottom Line* (STANIŠKIS; ARBAČIAUSKAS, 2009; NORAN, 2010).

Apesar de muitas empresas estarem aceitando os benefícios estratégicos do Desenvolvimento Sustentável, o entendimento sobre o tema ainda gera discussões e diferentes pontos de vista.

As Normas ISO apresentadas, bem como o GRI, buscam auxiliar as empresas na elucidação das dificuldades encontradas quando da busca pelo Desenvolvimento Sustentável em suas atividades, sistematizando os processos organizacionais internos e externos que devem ser adotados e implementados com o decorrer do tempo.

Observou-se que as Normas ISO e o GRI trazem apenas diretivas que auxiliam as empresas a alcançar o Desenvolvimento Sustentável, inclusive com Sistemas Integrados de Gestão, que agregam os requisitos comuns das Normas ISO, facilitando a sua implantação pelas empresas. Entretanto, durante a pesquisa realizada, não foi possível verificar nenhuma abordagem ou sistema que agregue as informações utilizadas pelo Desenvolvimento Sustentável em conjunto com alguma Arquitetura de Empresas existente atualmente no mercado.

Neste sentido, o próximo capítulo trata dos trabalhos que relacionam o Desenvolvimento Sustentável com a Engenharia e Integração de Empresas.

#### 4 O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A ENGENHARIA E INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS

Este capítulo, com base no levantamento bibliográfico realizado, relaciona os trabalhos encontrados na literatura que abordam os conceitos do Desenvolvimento Sustentável em conjunto com a Engenharia e Integração de Empresas.

##### 4.1 TRABALHOS RELACIONANDO O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A ENGENHARIA E INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS

Conforme já dito, se, por um lado, existe a necessidade das empresas em alcançar o DS, poucos foram os trabalhos encontrados na literatura contendo propostas que ofereçam diretrizes para guiar as empresas na incorporação do DS através dos componentes de uma EIE.

Medini, da Cunha e Bernard (2011) apresentaram um estudo contendo uma panorâmica sobre a sustentabilidade e a modelagem de empresas, comparando os métodos para a modelagem de empresas GRAI, IDEF, FBS-PPRE, Patterns, MOVES, SCOR e Petri Nets, de acordo com o suporte de seu escopo aos aspectos da sustentabilidade. Para tanto, os autores selecionaram seis quesitos que consideraram importantes para uma modelagem de empresas que suporte a sustentabilidade. Três dos quesitos são os níveis organizacionais produto, processo e cadeia de suprimentos, tidos como importantes para uma modelagem de empresas convencional, e os aspectos econômico, ambiental e social, tidos como os pilares da sustentabilidade de acordo com o *Triple Bottom Line*. Este trabalho é sintetizado no Quadro 1, reproduzido a seguir.

Quadro 1 – Análise das abordagens de Modelagem de Empresas

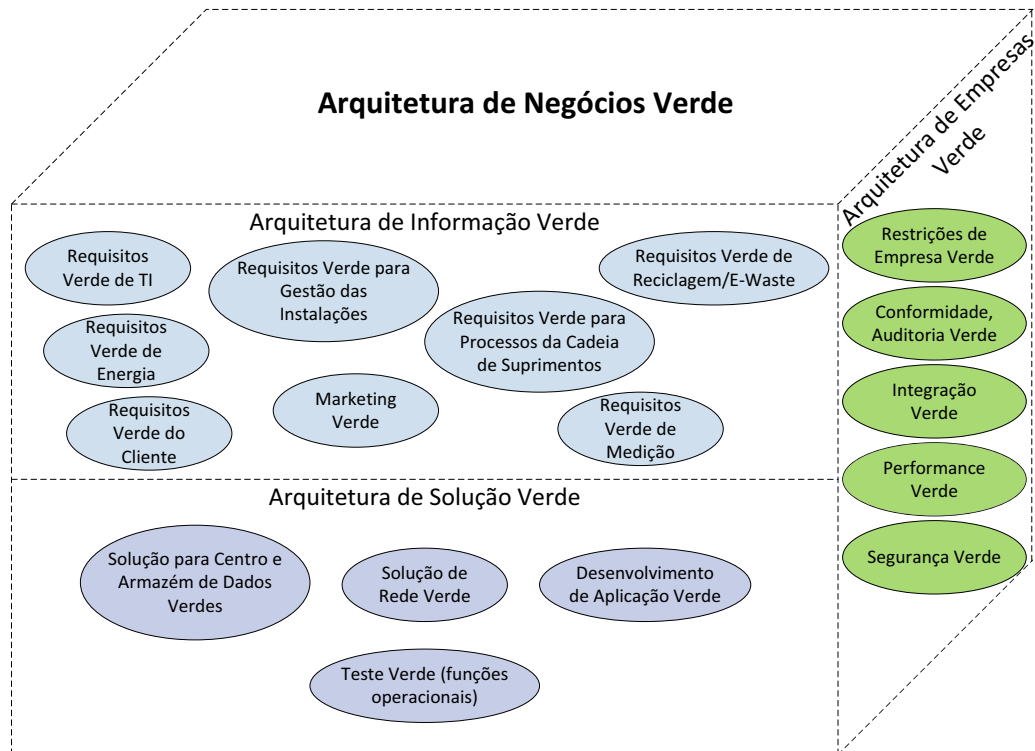
	Nível Organizacional			Pilares da Sustentabilidade		
	Produto	Processo	Cadeia de Suprimentos	Ambiental	Social	Econômico
GRAI	X	X	/	*	*	/
IDEF		X	*			
FBS-PPRE	X	X	/	*	*	/
Patterns	X	X		*	*	/
MOVES	X	X	*	*	*	X
SCOR		X	X	/		X
Petri Nets		X	*			
Legenda	X – Suportado					
	/ – Parcialmente suportado					
	* – Método pode ser estendido para suportar					

Fonte: Traduzido de Medini, Da Cunha e Bernard (2011).

Unhelkar (2011), por sua vez, considera a AE como uma cobertura para todas as outras arquiteturas que formam uma parte da organização. Essas arquiteturas juntas destinam-

se a fornecer estabilidade e agilidade aos negócios, permitindo a empresa atingir suas metas específicas. As AE definem também as relações entre as arquiteturas de domínio específico, e como as diferentes arquiteturas se relacionam entre si, contribuindo para o desenvolvimento de todas as áreas da empresa. Quando esses relacionamentos arquiteturais são investigados e desenvolvidos a partir do ponto de vista dos impactos subjacentes do carbono<sup>2</sup>, o resultado final é uma Arquitetura de Empresas Verde (Figura 23).

Figura 23 – Panorâmica da Arquitetura de Empresas Verde – grupos e atividades



Fonte: Adaptado de Unhelkar (2011).

A *Object Management Group* propôs o diagrama de uma organização sustentável (Figura 24), apresentando um *framework* para debater os relacionamentos das três dimensões chave da sustentabilidade. É comum alguns processos se sobreporem em algumas áreas, bem como o balanceamento entre as dimensões variar entre organizações e indústrias (ROSEN; SHARMA; KRICHEVSKY, 2009).

<sup>2</sup> Termo relacionado com a redução de emissão de gases que provocam o efeito estufa através dos Créditos de Carbono

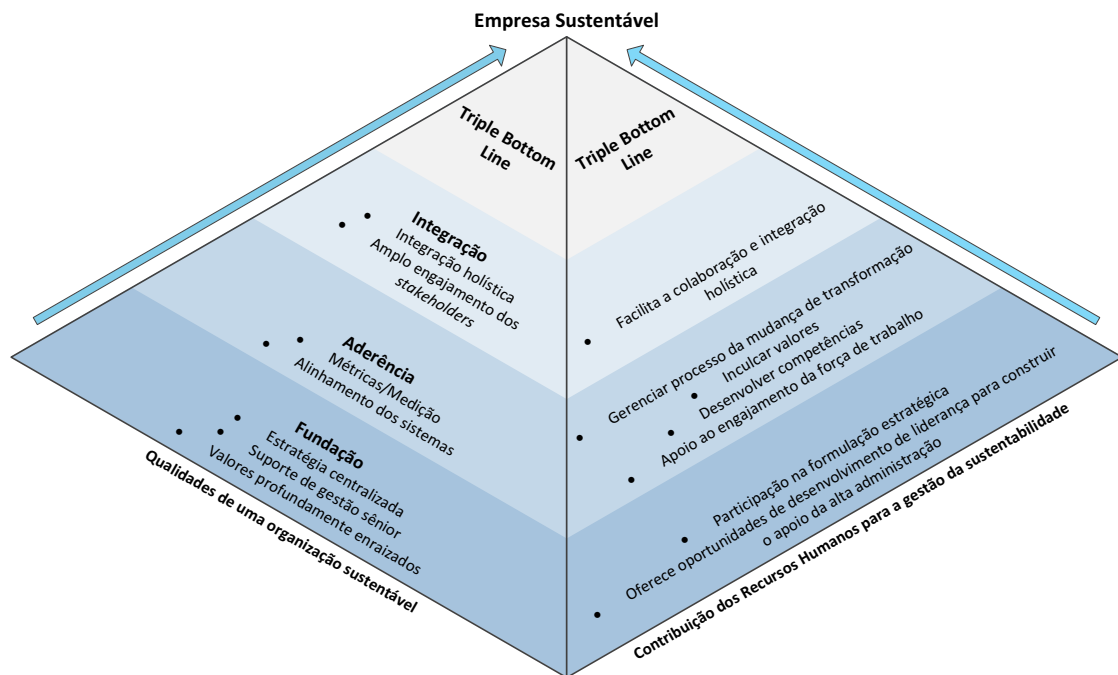
Figura 24 – Dimensões de uma organização sustentável



Fonte: Adaptado de Rosen, Sharma e Krichevsky (2009).

Seguindo o mesmo caminho trilhado pela *Object Management Group*, o Instituto para Empresa Sustentável da Universidade Fairleigh Dickinson (*Fairleigh Dickinson University Institute for Sustainable Enterprise*) organizou e iniciou um projeto de pesquisa específico para aprender as qualidades de uma empresa sustentável, resultando em um *framework* chamado de Modelo da Pirâmide da Sustentabilidade (*Sustainability Pyramid model*), representado por uma pirâmide (Figura 25) contendo sete qualidades essenciais associadas à implementação com sucesso das estratégias da sustentabilidade, alcançando os resultados do *Triple Bottom Line*. As três camadas da pirâmide da sustentabilidade empresarial e suas qualidades subsequentes são usadas para criar este *framework* global (WIRTENBERG *et al.*, 2007; WIRTENBERG; RUSSELL; LIPSKY, 2009).

Figura 25 – Modelo da Pirâmide da Sustentabilidade



Fonte: Adaptado de Wirtenberg, Russel e Lipsky (2009).

Uma abordagem mais restrita é encontrada nas empresas que adotam o modelo de *Sustainable Mass Customized Enterprise* (Empresas Sustentáveis com Customização em Massa, em tradução livre – SMCE), o qual se baseia nos modelos parciais de empresa para a customização em massa e produção sustentável de seus produtos e/ou serviços. No sistema de SMCE sugere-se a implantação de processos e recursos para atender aos requisitos dos diversos clientes, com produtos customizados e que alcancem novos mercados, enquanto promove o crescimento econômico garantindo a proteção ao meio ambiente e o bem estar da sociedade (BADURDEEN; LIYANAGE, 2011; MEDINI; DA CUNHA; BERNARD, 2012).

O trabalho proposto por Medini, Da Cunha e Bernard (2012b) analisa os fatores críticos que viabilizam a utilização do conceito de customização em massa para se atingir a sustentabilidade, além de técnicas para avaliar seu desempenho.

Badurdeen e Liyanage (2011) apresentam a evolução de um *framework* que avalia a participação do cliente no design do produto. O *framework* proposto baseia-se no trabalho apresentado por Ueda *et al.* (2009), com a integração dos impactos ambientais e sociais através da utilização dos 6R (*Reduce, Reuse, Recycle, Recover, Redesign, Remanufacture*) nos múltiplos estágios do ciclo de vida da customização em massa.

De forma semelhante, Medini, Da Cunha e Bernard (2012a) propõem um meta modelo para avaliação e melhoria do desempenho da customização em massa e da sustentabilidade. Ele divide a avaliação em três pontos: (1) avaliação da customização em massa como uma

estratégia; (2) avaliação dos facilitadores da customização em massa; e (3) avaliação sobre os resultados da customização em massa em termos dos requisitos de satisfação do cliente. Além desses fatores, uma análise sobre a sustentabilidade revelou que o produto, processo, organização e cadeias de suprimentos são inevitáveis para a construção de tal modelo.

Noran (2010b) por sua vez, utilizando-se de um subconjunto da GERA, argumenta que o ciclo de vida de uma AE pode fornecer uma abordagem baseada em sobrecarga e ciclo de vida na criação e operação de um projeto de gestão ambiental que visa produzir um sistema de gestão ambiental. Sua pesquisa revelou que não existe um aproveitamento máximo dos benefícios da operação e implementação de um sistema de gestão ambiental internamente, e até mesmo das organizações virtuais que este cria. Contudo, as AE podem prover os artefatos e pré-requisitos necessários para uma abordagem (1) coerente, (2) interdepartamental, e (3) de mudança cultural, prometendo sustentabilidade aos negócios e rentabilidade em longo prazo, além de agilidade e competitividade para as organizações virtuais criadas.

Em outro trabalho, Noran (2010a) foca nos desafios apresentados pela integração adequada dos aspectos da sustentabilidade ambiental na empresa, propondo uma solução a este desafio com base em uma abordagem de AE. As empresas costumam abordar a necessidade da responsabilidade ambiental em suas unidades de negócios através da implementação de algum tipo de relatório ambiental e sistema de gestão ambiental. Segundo o autor, este é um passo na direção correta, contudo, se implementado de forma isolada pode não realizar a mudança cultural necessária para alcançar um comprometimento permanente com a responsabilidade ambiental.

Para facilitar a visualização, os trabalhos aqui apresentados foram sumarizados no Quadro 2 utilizando-se de uma escala Likert, de acordo com o julgamento realizado pelo autor. O Quadro 2 abrange os conceitos econômico, ambiental e social do Desenvolvimento Sustentável e os componentes considerados mais relevantes dentro da Engenharia e Integração de Empresa para o desenvolvimento da proposta deste trabalho, tendo como base a GERAM.

Quadro 2 – Síntese dos trabalhos relacionados

Autores	Desenvolvimento Sustentável			Engenharia e Integração de Empresas			
	Econômico	Ambiental	Social	Arquitetura de Empresas	Metodologias e Métodos	Modelos Parciais	Modelagem de Empresas
Badurdeen e Liyanage, 2011	3	3	3	1	0	4	0
Medini, Da Cunha e Bernard, 2011	3	1	1	1	5	4	5
Medini, Da Cunha e Bernard, 2012a	3	3	3	1	0	5	1
Medini, Da Cunha e Bernard, 2012b	3	3	3	1	0	4	1
Noran, 2010a	4	4	4	3	1	1	1
Noran, 2010b	2	4	2	3	1	1	1
Rosen, Sharma e Krichevsky, 2009	4	4	4	4	2	1	1
Unhelkar, 2011	2	4	3	4	1	1	1
Wirtenberg, Russel e Lipsky, 2009	5	5	5	5	1	1	1

Legenda	1 – Minimamente abordado; 2 – Pouco abordado; 3 – Razoavelmente abordado; 4 – Satisfatoriamente abordado; 5 – Plenamente abordado 0 – Sem relação
---------	--

Fonte: Autor

Como se pode observar no Quadro 2, as propostas de trabalhos encontrados na literatura durante a pesquisa são muitas vezes pontuais em suas abordagens em relação à integração do Desenvolvimento Sustentável e a Engenharia e Integração de Empresas, devido principalmente a superficialidade e falta de relacionamento com a qual os assuntos são tratadas pelos trabalhos.

Os trabalhos propostos por Wirtenberg, Russel e Lipsky (2009) e Rosen, Sharma e Krichevsky (2009) apresentam *frameworks* para auxiliar empresas na criação de um plano de negócios para alcançar o DS, entretanto, não especifica nenhum componente da EIE (como AE, métodos, metodologias, dentre outros) para auxiliar a sua implantação e/ou utilização pelas empresas.

Já os trabalhos voltados para Customização em Massa baseiam-se no conceito de modelos de referência. Entretanto, as propostas apresentadas pelos autores Medini, da Cunha e Bernard (2012b), Bardurdeen e Liyanage (2011) e Medini, da Cunha e Bernard (2012a) visam apenas à avaliação de desempenho do sistema de customização em massa nas empresas.

Noran (2010b), utilizando-se da GERA, propôs uma abordagem baseada em seu ciclo de vida para auxiliar a operação de um projeto de gestão ambiental. As análises feitas pelo autor relativas ao DS e sua integração com o ciclo de vida da GERA demonstraram como a sistematização dos conceitos sustentáveis podem ser realizados na estrutura da GERA.

Em outro trabalho apresentado por Noran (2010a), o conceito de gestão ambiental é novamente abordado, e dois problemas foram apontados em relação a sua implantação. O primeiro é devido a não existência de integração da iniciativa de gestão ambiental com o nível

estratégico de negócio, ocasionando assim a falta de aproveitamento do conhecimento gerado pelos relatórios ambientais gerados. O segundo problema aponta que a gestão ambiental tem de permear todos os níveis organizacionais de forma consistente, promovendo a mudança cultural com efeitos duradouros. Em ambos os casos, o autor salienta que os problemas podem ser adaptados através da integração da gestão ambiental a uma AE. A AE pode fornecer o suporte necessário e os pré-requisitos para uma abordagem coerente e interdepartamental, bem como a mudança cultural, garantindo a sustentabilidade do negócio e rentabilidade no longo prazo.

O trabalho apresentado por Medini, da Cunha e Bernard (2011) demonstra a lacuna entre a Engenharia e Integração de Empresas e o Desenvolvimento Sustentável. O mapeamento realizado pelos autores de métodos para modelagem de empresas evidenciou que os métodos analisados, em sua maioria, não consideram o DS em sua estrutura, especialmente os aspectos ambiental e social. Segundos os autores, uma abordagem mais adequada faz-se necessária para satisfazer os requisitos do DS e, se possível, propor o aperfeiçoamento de algum método para modelagem de empresas, para que este integre os conceitos do DS nos diferentes níveis organizacionais da empresa.

As propostas feitas por Medini, da Cunha e Bernard (2011) vêm ao encontro com o trabalho desenvolvido por Unhelkar (2011), cujo foco, além de fornecer os requisitos básicos de uma AE, é desenvolver um entendimento das diferentes vistas do negócio, tecnologia e meio ambiente nos quais a empresa está inserida, proporcionando à empresa transformar seus sistemas, aplicações e processos, de forma a eventualmente apoiar uma organização verde. Porém, para o autor, a utilização de uma Arquitetura de Empresas Verde é crucial para disponibilizar a base técnica para o desenvolvimento e implantação de um Software de Gerenciamento de Emissão de Carbono (*Carbon Emissions Management Software*), e não para a aplicação do Desenvolvimento Sustentável em todos os níveis de uma organização.

Com a leitura desses trabalhos evidenciou-se que o suporte da EIE ao DS em geral é sutil, pois na maioria dos casos os requisitos identificados que se aproximam dos necessários ao DS foram criados para atender a necessidades que não estão relacionadas diretamente com o DS. Além disso, quando os requisitos existem, não permeiam todos os componentes e níveis organizacionais da EIE. Assim, evidencia-se a necessidade de uma EIE que possua em seus componentes os requisitos e conceitos relativos ao DS. Desta forma, as empresas ao utilizarem uma EIE com suporte ao DS estão não apenas gerenciando, coordenando e integrando seus processos de negócios, mas também dão um passo rumo ao DS.

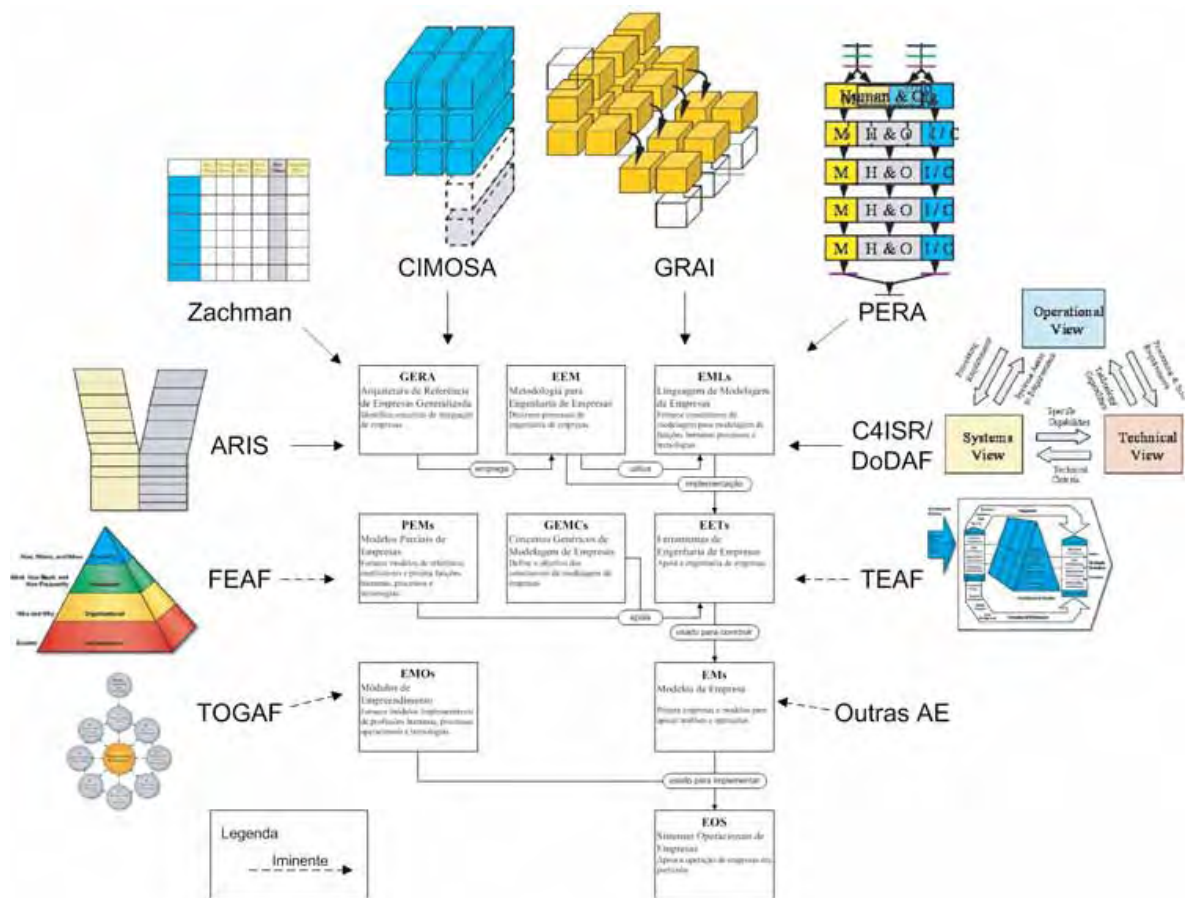


#### 4.2 A GERAM COMO BASE PARA A SISTEMATIZAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL À UMA ENGENHARIA E INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS

Dentre as várias propostas para a EIE estudadas neste trabalho, a estrutura proposta pela GERAM pode ser capaz de sistematizar diretrizes para a integração do DS a uma EIE, abrangendo todos os seus componentes essenciais (arquitetura de empresas, metodologias, linguagens, etc.). A escolha da GERAM se justifica conforme a seguir.

A partir da estrutura proposta pela GERAM (Figura 1), algumas das principais AE existentes na literatura foram decompostas, ou compatibilizadas, utilizando-se a estrutura da GERAM como referência (conforme ilustrado na Figura 26). As seguintes propostas para AE já foram decompostas na estrutura da GERAM: PERA, GRAI-GIM, CIMOSA, ARIS, Zachman (NORAN, 2013) e DoDAF (NORAN, 2005; CHAHARSOOGHI; AHMADI ACHACHLOUEI, 2011; NORAN, 2013). Outras estão sendo decompostas, como propostas de trabalhos: TOGAF, TEAF (*Treasury Enterprise Architecture Framework*) (NORAN, 2013) e FEAF (NORAN, 2005, 2013).

Figura 26 – Decomposição das AE convencionais utilizando GERAM



Fonte: Adaptado de Noran (2013).

Outro fator importante da GERAM para as Arquiteturas de Empresas é o seu suporte a três conceitos fundamentais: (1) princípios do ciclo de vida; (2) modelos de empresas; e (3) sua utilização em diferentes domínios, como gestão de processos de negócios, desenvolvimento de produtos, dentre outros. Para estes casos, a GERAM oferece uma coleção de descrições para arquiteturas contendo um extenso conjunto de aspectos, tais como: ciclo de vida, pontos de vista, *stakeholders*, formalismos de modelagem e modelos de referência (VALLEJO; ROMERO; MOLINA, 2012), justificando a sua utilização para receber a proposta de sistematização do DS.

Além dos trabalhos voltados para a EIE, os autores Chen, Knothe e Zelm (2005) propuseram a utilização da estrutura da GERAM (Figura 1) para compatibilizar a ATHENA (*Advanced Technologies for Interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their Applications*), que tem como objetivo uma abordagem holística para desenvolver a interoperabilidade das aplicações empresariais e softwares. Neste trabalho os autores realizaram um mapeamento dos componentes existentes em ATHENA mapeando-os para cada um dos componentes da estrutura da GERAM (CHEN; KNOTHE; ZELM, 2005).

Neste sentido, pode-se afirmar que todas as propostas de sistematização para o DS realizadas nos componentes da estrutura da GERAM podem ser estendidos para as AE que já foram decompostas em sua estrutura, possibilitando assim a disseminação das práticas para o DS a outras AE.

Apresentada a GERAM como a base para a sistematização de diretrizes para a integração do DS à EIE, o próximo capítulo realiza uma análise de como essa sistematização pode ser alcançada, utilizando-se as Normas ISO e o GRI.

## 5 DESENVOLVIMENTO E PROPOSTA

Mesmo com a evidente falta de uma EIE que permita a integração dos conceitos do DS em seus componentes, atualmente as empresas vêm buscando atender as expectativas de seus clientes, fornecedores e *stakeholders* quanto à adoção do DS em suas atividades. Neste cenário, as Normas ISO e o GRI têm sido de grande valia para as empresas que buscam o comprometimento com o DS. Contudo, um dos grandes desafios a ser vencido na implantação dos sistemas de gestão, propostos pelas Normas ISO e pelo sistema de relatórios propostos pelo GRI, é o de realizar a adequação dos processos e produtos da empresa aos seus requisitos.

Devido à lacuna existente entre a EIE e o DS, os sistemas de gestão empresarial desenvolvidos para as empresas, tendo como base as AE existentes, não possuem suporte para as Normas ISO e o GRI, sendo de responsabilidade da própria empresa a criação de todo o escopo e ferramentas de controle necessárias para a sua implantação. Neste sentido, uma AE que suporte os conceitos do DS pode facilitar a adoção de práticas empresariais para que a empresa alcance um DS sólido.

### 5.1 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA

Conforme o Capítulo 1 deste trabalho, onde se tratou da Metodologia de Pesquisa, inicialmente realizou-se uma revisão da literatura sobre os temas Engenharia e Integração de Empresas e Desenvolvimento Sustentável, resultando no Capítulo 4, onde os trabalhos encontrados durante a pesquisa foram apresentados, bem como justificou-se esta pesquisa mediante a necessidade de uma Arquitetura de Empresas que suporte em sua estrutura os requisitos do Desenvolvimento Sustentável.

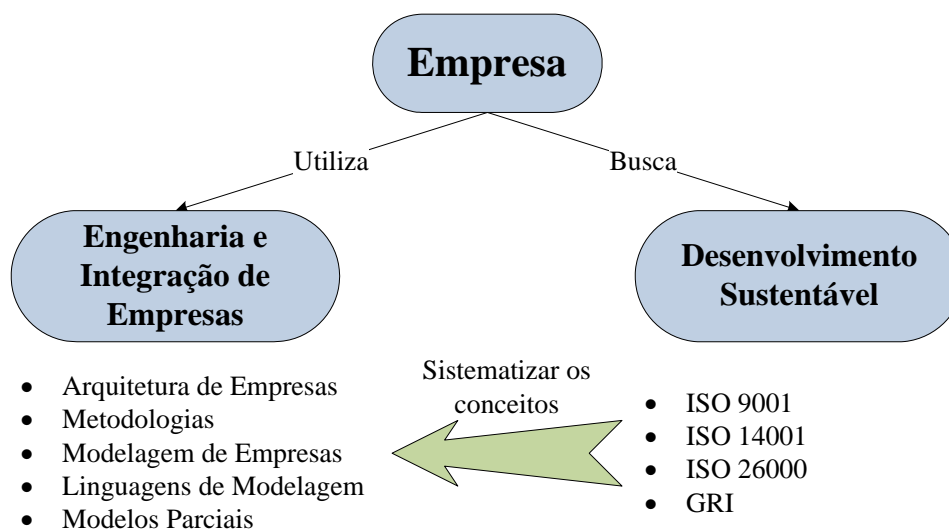
Após a análise realizada sobre ambos os temas, procurou-se, então, planejar como seria possível incorporar os requisitos do Desenvolvimento Sustentável à Engenharia e Integração de Empresas, sem que fosse necessário criar algo totalmente novo, mas sim, utilizar-se das estruturas já existentes, adaptando-as para atingir os objetivos deste trabalho.

O próximo passo foi identificar como as empresas lidam com a implantação do Desenvolvimento Sustentável em suas atividades, processos e produtos. Assim, constatou-se que as empresas que estão preocupadas com o Desenvolvimento Sustentável utilizam-se de organismos certificadores, como a ISO e o GRI, para comprovar a seus clientes, *stakeholders*, governo e sociedade o seu comprometimento com os requisitos do Desenvolvimento

Sustentável.

Por fim, mediante a revisão da literatura, uma proposta para a sistematização do Desenvolvimento Sustentável à Engenharia e Integração de Empresas foi realizada pelo autor. A Figura 27 apresenta a esquematização da proposta, integrando a Engenharia e Integração de Empresas ao Desenvolvimento Sustentável.

Figura 27 – Esquematização da proposta



Fonte: Autor

A seguir, realiza-se o detalhamento da proposta apresentada pela Figura 27.

## 5.2 SISTEMATIZAÇÃO DAS NORMAS ISO E DO GRI COM A ENGENHARIA E INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS

Após a revisão da literatura sobre EIE e o DS, verificou-se a possibilidade de: (1) se estender os conceitos do DS através das Normas ISO para a EIE, auxiliando as empresas na busca pela EIE Sustentável; e (2) utilizar-se das diretrizes do GRI para reportar o comprometimento empresarial com o DS.

Como primeiro passo para a adequação da proposta, elaborou-se o Quadro 3 utilizando-se de uma escala 0 a 5, de acordo com o julgamento realizado pelo autor, para demonstrar os relacionamentos abrangentes existentes entre os conceitos apresentados pelas Normas ISO e o GRI e o seu atendimento aos conceitos necessários ao DS e a EIE. O Quadro 3 abrange os conceitos econômico, ambiental e social do Desenvolvimento Sustentável e os componentes considerados mais relevantes dentro da Engenharia e Integração de Empresa para o desenvolvimento da proposta deste trabalho, tendo como base a GERAM.

Quadro 3 – Análise das Normas ISO e GRI

Sistemas Ambientais	Engenharia e Integração de Empresas				Desenvolvimento Sustentável		
	Arquitetura de Empresas	Metodologias e Métodos	Modelos Parciais	Modelagem de Empresas	Econômico	Ambiental	Social
ISO 9001	3	4	5	1	5	2	1
ISO 14001	3	4	5	1	3	5	2
ISO 26000	3	4	5	1	2	2	5
GRI	2	5	3	3	5	5	5

<b>Legenda</b>	1 – Relacionamento mínimo; 2 – Relacionamento fraco; 3 – Relacionamento médio; 4 – Relacionamento forte; 5 – Relacionamento muito forte 0 – Relacionamento não encontrado
----------------	---

Fonte: Autor

Os relacionamentos tratados no Quadro 3 podem ser analisados pela ótica da EIE e do DS. As próximas duas seções abordam essas diferentes óticas, apresentando as análises de acordo com a relevância apresentada no Quadro 3.

### 5.2.1 Engenharia e Integração de Empresas

#### 5.2.1.1 Normas ISO

De modo geral, as Normas ISO possuem bom relacionamento com os Modelos Parciais de empresas, haja vista que a própria IFIP-IFAC (1999) considera a ISO 9001 como um exemplo de modelo parcial. Esse relacionamento se deve, principalmente, ao fato de que as Normas ISO possuem diretivas comuns a muitas empresas, o que auxilia o trabalho de enquadramento das práticas atuais da empresa às melhores práticas contidas no escopo das Normas ISO, a fim de criar um modelo particular para a empresa em questão.

Já as Metodologias e Métodos das Normas ISO fornecem orientações formais para o processo de implantação de seus sistemas de gestão empresarial, estruturando um conjunto de técnicas e etapas de acompanhamento de processos, a fim de manter um fluxo constante de informações através dos níveis organizacionais da empresa. Apesar disso, não possuem um *framework* que possa ser utilizado para auxiliar a sua implementação pela empresa.

Como o objetivo da AE é o de definir e implementar as estratégias da empresa, pode-se dizer que a empresa, ao implementar as Normas ISO, está corroborando para que esta afirmação seja posta em prática. Além disso, a AE engloba os modelos parciais, as metodologias e métodos e a modelagem de empresas em seu *framework*. Assim sendo, o relacionamento entre as Normas ISO e as AE encontra-se enfraquecido devido à falta de uma modelagem de empresas específica.

No que diz respeito à Modelagem de Empresas, as Normas ISO deixam a desejar, pois não possuem um sistema próprio para que sejam claramente compreendidas e integradas

através de representações sistemáticas por modelos. Geralmente, utilizam-se organogramas para descrever os passos a serem realizados ou a hierarquia organizacional da empresa. Contudo, elas deveriam representar uma abstração do funcionamento do próprio negócio, abrangendo seus objetivos, processo, recursos e regras.

#### 5.2.1.2 Global Reporting Initiative

O GRI, no que diz respeito às Metodologias e Métodos, é bem estruturado, possuindo um *framework* (Figura 17) que fornece orientações formais de como reportar seus indicadores, especificando todos os requisitos, técnicas de análise e estágios nos quais os dados devem ser reportados. Entretanto, seu *framework* auxilia apenas a sua utilização na extração de dados para gerar seus indicadores, não possuindo diretivas que auxiliem no desenvolvimento e manutenção do sistema existente (mantido ou não por uma AE).

Pelo fato de possuir um *framework* próprio para auxiliar na forma de como as empresas reportam o seu DS, o GRI possui um relacionamento com a Modelagem de Empresas mais aderente. Apesar de não construir uma abstração de como a empresa funciona (regras, processos, recursos e objetivos empresariais), característica inerente à Modelagem de Empresas, seus indicadores (econômicos, ambientais, direitos humanos, funcionários e local de trabalho, produto e sociais) podem permitir que os trabalhos e recursos da empresa atinjam os objetivos propostos mediante a sua análise numérica. O seu *framework* não permite criar um modelo de como a empresa opera, mas sim um modelo de como os dados gerados pelos processos internos são reportados.

Quando comparado com os Modelos Parciais de empresas, o GRI não possui relacionamento tão expressivo como as Normas ISO. A estrutura do GRI visa delinear diretrizes para que as empresas saibam como reportar seus indicadores de DS, indicadores estes que podem ser encontrados nos aspectos que os Modelos Parciais abrangem, como papéis humanos, processos, tecnologia e sistemas de informação. Entretanto, o GRI não especifica como estes devem ser estruturados pela empresa. Assim, o GRI pode auxiliar o desenvolvimento e melhoramento dos modelos parciais através dos indicadores de desempenho para o DS.

Com relação à AE, o GRI não atende adequadamente a este quesito. As AE auxiliam as empresas em suas descrições esquemáticas, utilizando-se de processos de negócios, tecnologias e sistemas de informação, já o GRI utiliza-se das informações geradas por essas atividades para reportar o desempenho da empresa frente ao DS através de seus indicadores.

Desta forma, o GRI não suporta a construção de um modelo para o DS aderente ao modelo de negócios da empresa, ele apenas verifica se os esforços despendidos pela empresa estão levando a empresa a alcançar o seu DS.

### *5.2.2 Desenvolvimento Sustentável*

#### *5.2.2.1 Normas ISO*

A partir da revisão da literatura, observou-se que as empresas que desejam desenhar seus processos e produtos com vistas ao DS implantam, através de consultorias externas, certificações que comprovem, por meio de auditorias internas e externas, o seu engajamento com o DS. Neste sentido, as Normas ISO foram estudadas neste trabalho de acordo com seu relacionamento com o DS, sendo a ISO 9001 relacionada ao aspecto econômico do DS, a ISO 14001 relacionada ao aspecto ambiental do DS e, por fim, a ISO 26000 relacionada ao aspecto social do DS.

A norma ISO 9001, através da implantação do Sistema de Gestão da Qualidade, contribui significativamente para que as empresas comecem a buscar o DS. Entende-se que a ISO 9001 proporciona o desenvolvimento econômico da empresa, através de práticas e ações que visam melhorar seus processos, produtos e serviços, sem deixar, entretanto, de se preocupar com o meio ambiente. Naturalmente, o foco principal da ISO 9001 é o retorno financeiro do investimento em ações preventivas, por esta razão a sua presença no aspecto ambiental do DS é pouco expressivo. De mesma forma, a ISO 9001 se preocupa timidamente com a questão social do DS, uma vez que suas ações focam os processos, e não necessariamente a qualidade de vida do trabalhador em si.

Por sua vez, a norma ISO 14001 vem, de certa forma, por meio do Sistema de Gestão Ambiental, complementar os espaços deixados pela ISO 9001 no tratamento do aspecto ambiental do DS. A ISO 14001 busca disseminar o comprometimento ambiental na empresa, com práticas e ações de melhoria contínua direcionada aos impactos ambientais que os processos, produtos e serviços da empresa causam. Contudo, a ISO 14001 não negligencia o aspecto econômico do DS, uma vez que suas práticas e ações buscam a rentabilidade do negócio em conjunto com a proteção ao meio ambiente. Tal qual a ISO 9001, a preocupação com o aspecto social do DS também é vista timidamente pela ISO 14001, apesar de sua preocupação com a saúde dos trabalhadores (com relação à emissão e exposição a resíduos tóxicos e materiais perigosos) bem como com a preocupação com a sociedade a seu redor

(através do tratamento de dejetos emitidos no meio ambiente pela empresa).

Diferente das normas ISO 9001 e ISO 14001, a norma ISO 26000 foi concebida com o propósito de atender ao aspecto social do DS. O escopo da ISO 26000 é composto de um guia de boas práticas que abrange as questões sociais do DS, contudo, por meio do comprometimento da empresa com seu escopo acaba influenciando positivamente os aspectos ambiental e econômico do DS. As empresas, através da ISO 26000, se tornam responsáveis pelos resultados de suas decisões e atividades para com a sociedade e o meio ambiente, tendo consciência que suas ações influenciam suas vantagens competitivas, reputação, relacionamento com clientes e fornecedores, dentre outros. Apesar de não ser um sistema certificável, a implantação de suas orientações em conjunto com a ISO 9001 e ISO 14001 pode auxiliar a empresa a enfrentar diversos desafios, como por exemplo, a concorrência em mercados globais e garantir o DS.

#### 5.2.2.2 Global Reporting Initiative

Devido a sua criação ser voltada para atender aos requisitos do DS, o GRI possui uma forte relação com todos os aspectos do DS, auxiliando as empresas através de seus indicadores e métricas a reportar, através de um relatório, o comprometimento em suas atividades internas e externas com o DS.

O mais importante a despeito deste relatório é o seu público alvo, ou seja, seus clientes, fornecedores, sociedade, *stakeholders* e outras partes que possam estar interessadas em analisar a empresa a partir de suas ações para com o DS.

### 5.3 A GERAM E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A estrutura da GERAM foca nos conceitos de produto e processo, tidos como importantes dentro das práticas de engenharia e gestão. Além disso, tangencia os aspectos do DS com diferentes percepções e níveis de abstração.

Em relação ao aspecto econômico, diferentemente da proposta do DS, tem como foco o investimento financeiro, realizando avaliações econômicas sobre custo de soluções a serem implantadas, bem como estabelece medidas de performance para esta solução e analisa se os custos estão dentro do orçamento.

No aspecto social abordado pela GERAM, existe o cuidado com o profissional enquanto este realiza seu trabalho técnico, ou seja, com o produto ou processo que ele



transforma. A GERAM também considera o envolvimento do profissional em projetos de integração, validando o projeto de novos sistemas antes de qualquer desenvolvimento ou implementação. Além disso, ela especifica quais os processos nos quais os profissionais devem ser utilizados, uma vez que existe a distinção entre tarefas humanas de tarefas de tecnologia. Como se pode observar, os conceitos abordados pela GERAM não englobam o aspecto social do DS.

Já na questão ambiental, não foi possível identificar na estrutura da GERAM relacionamentos com este aspecto do DS, apenas uma menção de seu auxílio na instalação de áreas verdes durante o processo de EIE.

Apesar da GERAM não abordar explicitamente os aspectos do DS, pode ser possível propor sistematizações em sua estrutura para que, desta forma, a GERAM venha suportar também os conceitos e objetivos do DS. Neste contexto, optou-se por mapear de modo abrangente a revisão das cláusulas das Normas ISO apresentadas no Capítulo 3.3 no ciclo de vida proposto pela GERA (Figura 6), de forma a sistematizar os requisitos chave de gestão das Normas ISO (representando o DS) na estrutura da GERA (representando a EIE).

Desta forma, os principais objetivos que cada macroetapa de implantação, tanto da GERA como das Normas ISO, foram sumarizados em quadros. A seguir, o Quadro 4 apresenta as etapas do ciclo de vida da GERA, o Quadro 5 apresenta as principais etapas de implantação da ISO 9001, o Quadro 6 apresenta as principais etapas de implantação da ISO 14001 e, por fim, o Quadro 7 apresenta as principais etapas de implantação da ISO 26000.

## Quadro 4 – Síntese dos conceitos do ciclo de vida da GERA

**Ciclo de Vida da GERA**

**Identificação:** Identifica os conteúdos da entidade em particular sujeitos a considerações em termos de seus limites e suas relações para com seus ambientes internos e externos

**Conceito:** O conjunto de atividades que são necessárias para desenvolver os conceitos da entidade, incluindo definição da missão, visão, valores, estratégias, objetivos, conceitos operacionais, políticas e planos empresariais da entidade, dentre outros.

**Requisitos:** Atividades necessárias para desenvolver descrições das exigências operacionais da entidade da empresa, seus processos relevantes e necessidades funcionais, comportamentais, informacionais e capacidades. Inclui exigências de produção e serviços, bem como exigências de gestão e controle da entidade.

**Design:** Atividades que apoiam a especificação com todos esses componentes que satisfazem as exigências da entidade. Inclui o design de todas as tarefas humanas e todas as tarefas de máquina relacionadas com os serviços e produtos e a relação entre as funções de gestão e controle.

**Implementação:** Atividades que definem todas as tarefas que devem ser realizadas para construir ou reconstruir a entidade, através de nomeação, aquisição, testes e validação de componentes, contratação e treinamento de pessoal, dentre outros.

**Operação:** Atividades da entidade necessárias durante sua operação para produção do produto ou serviço, juntamente com todas as tarefas necessárias para monitorar, controlar e avaliar a operação.

**Retirada:** Atividade necessária para redefinir a missão, re-treinamento, re-projeto, reciclagem, preservação, transferência, licenciamento, separação ou disposição de toda, ou parte, da entidade ao término de sua vida útil em operação.

Fonte: Autor.

Quadro 5 – Síntese dos conceitos da ISO 9001

---

**ISO 9001**

---

**Introdução:** Explica os motivos pelos quais a Norma deve ser adotada, realizando uma panorâmica sobre a mesma.

**Objetivo e campo de aplicação:** Especifica requisitos para um sistema de gestão da qualidade. Auxiliando as organização de forma coerente em demonstrar sua capacidade para fornecer produtos que atendam aos requisitos do cliente e regulamentares aplicáveis, aumentando assim a satisfação do cliente.

**Referência normativa:** Referência a outras normais aplicáveis.

**Termos e definições:** Identifica e fornece a definição de conceitos que são de fundamental importância para a compreensão e para a utilização desta Norma.

**Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ):** A organização deve estabelecer, documentar, implementar e manter um SGQ, melhorando continuamente sua eficácia. Para tanto, deve-se identificar os processos necessários determinando sua sequência e interação, determinar critérios e métodos para a operação e controle eficazes dos processos, assegurar a disponibilidade de recursos e informações para a operação e monitoramento desses processos, e implementar ações que visem a melhoria contínua do processo.

**Responsabilidade da direção:** Fornece evidência do seu comprometimento com o desenvolvimento e implementação do SGQ e sua melhoria contínua. Comunica a organização a importância de atender aos requisitos dos clientes, regulamentares e estatutários, estabelece a política e objetivos da qualidade, conduz análises críticas pela alta direção e garante a disponibilidade de recursos.

**Gestão de recursos:** Provê e determina recursos humanos e de infraestrutura para implementar e manter o SGQ, melhorando continuamente sua eficácia, e aumentar a satisfação de clientes mediante o atendimento a seus requisitos.

**Realização do produto:** Planejar e desenvolver os processos necessários para a realização do produto coerente com os requisitos de outros processos do SGQ.

**Medição, análise e melhoria:** Planejar e implementar os processos necessários de monitoramento, medição, análise e melhoria para demonstrar a conformidade do produto, assegurar a conformidade do sistema de gestão da qualidade, e melhorar continuamente a eficácia do SGQ.

---

Fonte: Autor.

## Quadro 6 – Síntese dos conceitos da ISO 14001

**ISO 14001**

**Introdução:** Explica, através de uma panorâmica, os motivos pelos quais a Norma deve ser adotada.

**Objetivo:** Especifica os requisitos relativos a um Sistema da Gestão Ambiental (SGA), permitindo a uma organização desenvolver e implementar uma política e objetivos que levem em conta os requisitos por ela subscritos, como aqueles que possa controlar e influenciar.

**Referências normativas:** Não há referências normativas citadas.

**Termos e definições:** Identifica e fornece a definição de conceitos que são de fundamental importância para a compreensão e para a utilização desta Norma.

**Requisitos gerais:** Estabelecer, documentar implementar, manter e continuamente melhorar um SGA, em conformidade com os requisitos da Norma e determinar como ela irá atender a estes requisitos.

**Política ambiental:** Deve assegurar que, dentro do escopo definido de seu SGA, a política seja apropriada à natureza, escala e natureza e impactos ambientais de suas atividades, produtos e serviços, incluir o comprometimento com a melhoria contínua e prevenção da poluição, bem como fornecer uma estrutura para o estabelecimento e análise dos objetivos e metas ambientais, sendo documentada, implementada e mantida.

**Planejamento:** Identificar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços, dentro do escopo definido de seu SGA, identificando aqueles que tenham, ou possam ter, impactos significativos sobre o meio ambiente. Estabelecer, implementar e manter documentados objetivos e metas ambientais mensuráveis, quando exequível, e coerentes com a política ambiental incluindo-se os comprometimentos com a prevenção de poluição, com o atendimento aos requisitos legais e outros requisitos subscritos pela organização e com a melhoria contínua.

**Implementação e operação:** A administração deve a disponibilidade de recursos essenciais, incluindo recursos humanos e habilidades especializadas, infraestrutura organizacional, tecnologia e recursos financeiros. Funções, responsabilidades e autoridades devem ser definidas, documentadas e comunicadas. Assegurar a competência de qualquer pessoa que para ela, ou em seu nome, realize tarefas que tenham o potencial de causar impacto ambiental significativo identificado pela organização, identificando a necessidade de treinamento e conscientizando essas pessoas da importância de se estar em conformidade com a política ambiental e os requisitos do SGA. Deve existir a comunicação entre os vários níveis e funções da organização, a documentação e controle de todos os documentos exigidos pela Norma, o controle operacional de todas as operações que estejam associadas aos aspectos ambientais significativos, como a organização responderá à potenciais situação de emergência e prevenir, ou mitigar, os impactos ambientais adversos associados.

**Verificação:** Monitorar e medir regularmente as características principais de operações que possam ter um impacto ambiental significativo. Avaliar o atendimento a requisitos legais e outros, estabelecer procedimentos para tratar de não-conformidades, ações corretivas e ações preventivas, estabelecer e manter registros conforme necessário, e realizar auditorias internas.

**Análise pela administração:** Analisar o SGA, em intervalos planejados, para assegurar sua continuada adequação, pertinência e eficácia.

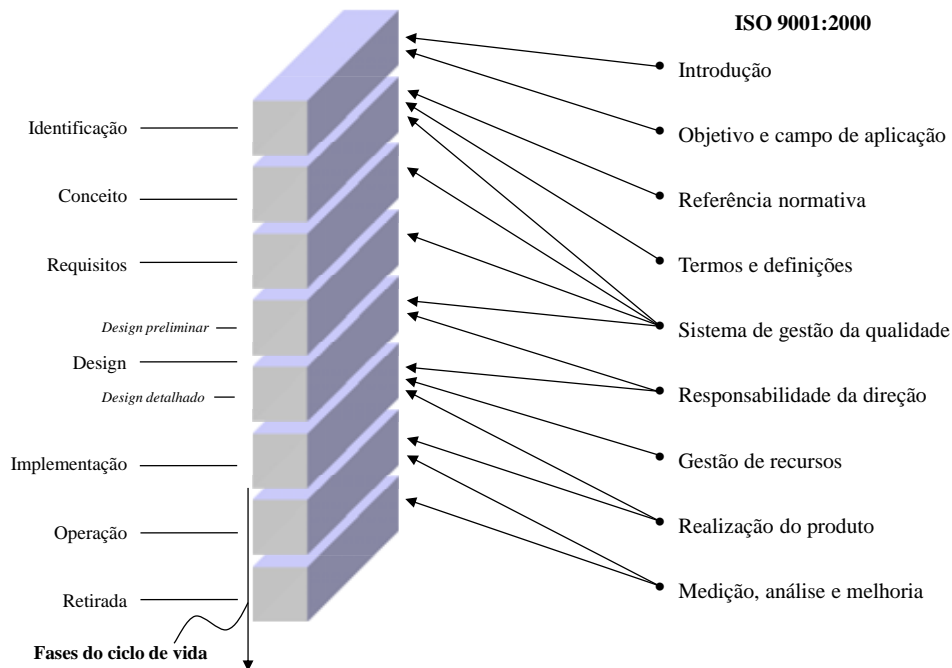
Quadro 7 – Síntese dos conceitos da ISO 26000

<b>ISO 26000</b>
<b>Escopo:</b> Define o escopo desta Norma e identifica certas limitações e exclusões.
<b>Termos e definições:</b> Identifica e fornece a definição de conceitos que são de fundamental importância para a compreensão da responsabilidade social e para a utilização desta Norma.
<b>Entendendo a responsabilidade social:</b> Descreve os fatores e condições importantes que influenciaram o desenvolvimento da responsabilidade social e que continuam a afetar sua natureza e prática. Também descreve o próprio conceito de responsabilidade social: o que significa e como se aplica a organizações. Inclui ainda orientação para pequenas e médias organizações sobre o uso desta Norma.
<b>Princípios da responsabilidade social:</b> Introduce e explica os princípios de responsabilidade social.
<b>Reconhecendo a responsabilidade social e envolvendo os <i>stakeholders</i>:</b> Aborda duas práticas de responsabilidade social: o reconhecimento de uma organização de sua responsabilidade social, e sua identificação e engajamento com suas partes interessadas. Fornecendo orientações sobre a relação entre uma organização, seus <i>stakeholders</i> e a sociedade em como reconhecer os temas centrais e questões de responsabilidade social e na esfera de influência da organização.
<b>Orientação sobre os temas centrais da responsabilidade social:</b> Explica os temas centrais e questões associados em relação à responsabilidade social. Para cada tema central informações são fornecidas em seu escopo sobre sua relação com a responsabilidade social, princípios e considerações relacionadas, e as ações e expectativas relacionadas.
<b>Orientação sobre integração da responsabilidade social em toda organização:</b> Fornece orientação em como colocar a responsabilidade social em prática em uma organização. Isto inclui orientações relativas a: compreender a responsabilidade social de uma organização, integrando a responsabilidade social em toda a organização, a comunicação relacionada com a responsabilidade social, melhorando a credibilidade de uma organização em relação à responsabilidade social, e a rever o progresso e melhoria do desempenho e avaliação de iniciativas voluntárias de responsabilidade social.

Fonte: Adaptado de ISO 26000 (2010).

Tendo como base o ciclo de vida da GERA (Figura 6), as informações contidas no Quadro 4 e no Quadro 5 tiveram relacionamentos traçados entre seus conteúdos, dando origem a Figura 28, a qual apresenta visualmente a proposta de uma macrosistematização entre o ciclo de vida da GERA e a ISO 9001.

Figura 28 – Macrosistematização da ISO 9001:2000 ao ciclo de vida da GERA

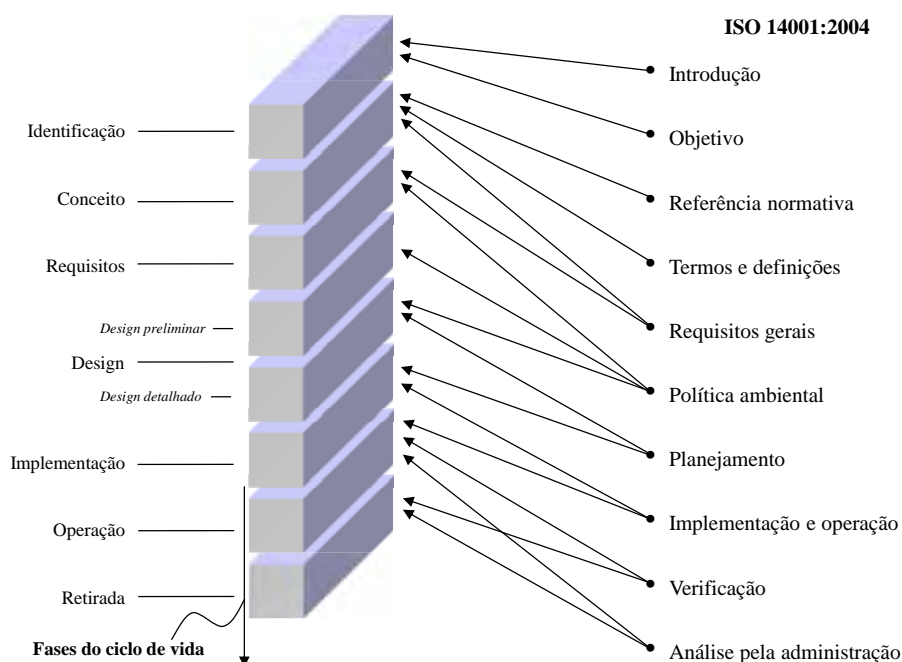


Fonte: Autor.

A fase de **Identificação** da GERAM engloba a **Introdução** e **Objetivos e campo de aplicação** da ISO 9001 devido a apresentar as relações internas e externas que a empresa busca ao implantar a norma. A fase **Conceito** engloba a **Referência normativa**, **Termos e definições** e **Sistema de gestão da qualidade**, pois definem de forma documental todas as etapas e processos a serem adotados pela empresa de forma a demonstrar sua capacidade de atender aos requisitos dos clientes. A fase **Requisitos** também engloba o **Sistema de gestão da qualidade**, criando os processos de operação necessários a empresa. A fase **Design** (preliminar e detalhado) engloba o **Sistema de gestão da qualidade** e a **Responsabilidade da Direção**, desenvolvendo as atividades descritas na fase anterior. A fase **Implementação** engloba a **Responsabilidade da direção**, **Gestão de recursos** e **Realização do produto**, validando se as atividades desenvolvidas estão prontas para serem implantadas. A fase **Operação** engloba a **Realização do produto** e a **Medição, análise e melhoria**, onde as atividades são efetivamente implementadas e monitoradas, conforme o escopo definido, durante sua operação. Por fim, a fase **Retirada** engloba a **Medição, análise e melhoria**, onde a melhora contínua do processo, ou sua descontinuação, são analisados.

Dando continuidade e baseando-se nas informações contidas no Quadro 4 e no Quadro 6, relacionamentos foram traçados entre seus conteúdos, dando origem a Figura 29, a qual apresenta visualmente a proposta de uma macrosistematização entre o ciclo de vida da GERA e a ISO 14001.

Figura 29 – Macrosistematização da ISO 14001 ao ciclo de vida de GERA



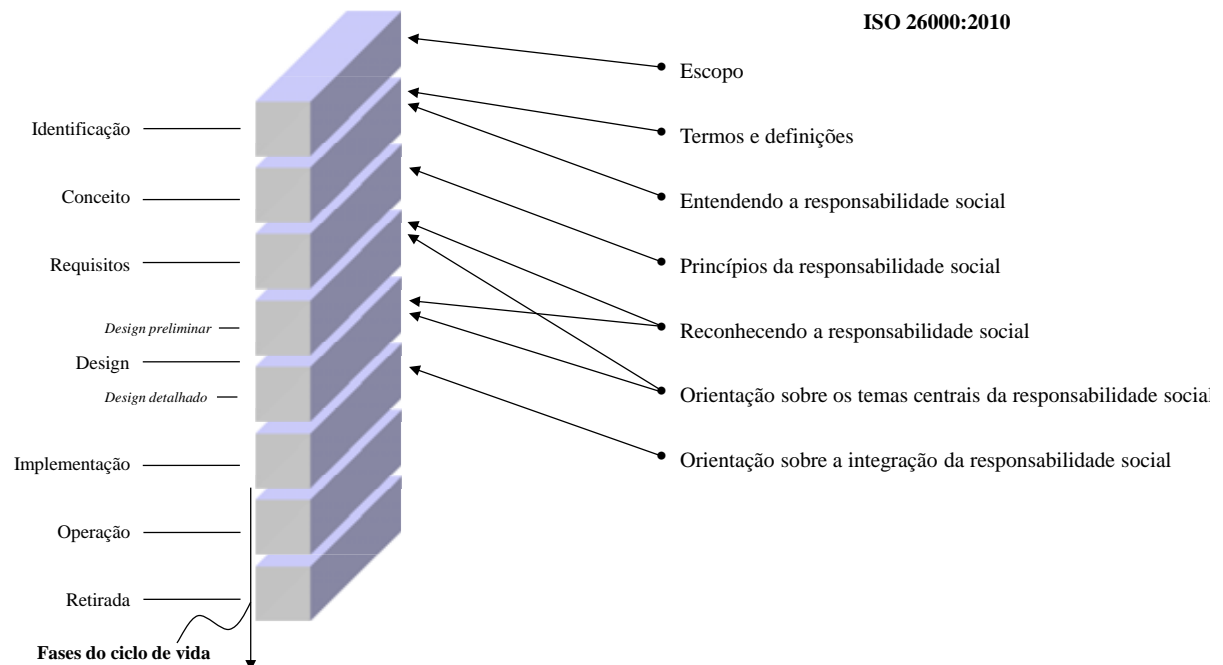
Fonte: Autor.

A fase de **Identificação** da GERAM engloba a **Introdução** e **Objetivo** da ISO 14001 devido a apresentar os motivos e especificar os requisitos pelos quais a empresa deve implantar a norma. A fase **Conceito** engloba a **Referência normativa**, **Termos e definições** e **Requisitos gerais**, pois definem de forma documental todas as etapas e processos a serem adotados pela empresa de forma a manter um sistema de gestão ambiental. A fase **Requisitos** também engloba os **Requisitos gerais** além da **Política ambiental**, criando os processos de operação necessários a manutenção apropriada da política do sistema de gestão ambiental. A fase **Design** (preliminar e detalhado) engloba a **Política ambiental** e o **Planejamento**, desenvolvendo os processos descritos na fase anterior, implementando documentos e metas ambientais mensuráveis. A fase **Implementação** engloba o **Planejamento** e **Implementação e operação**, validando se as atividades desenvolvidas estão prontas para serem implantadas, bem como se estas podem ser mensuradas e estão dentro do escopo do sistema de gestão ambiental. A fase **Operação** engloba a **Implementação e operação**, a **Verificação** e a **Análise pela administração**, onde o controle de todas as operações que estejam associadas a aspectos ambientais significativos é realizado através de medição e monitoramento, visando sua contínua adequação, pertinência e eficácia. Por fim, a fase **Retirada** engloba a **Verificação** e **Análise pela administração**, onde a melhora contínua do processo, ou sua descontinuação, são analisados.

Finalmente, tendo o Quadro 4 e o Quadro 7 como bases, relacionamentos foram

traçados entre seus conteúdos, dando origem a Figura 30, a qual apresenta visualmente a proposta de uma macrosistematização entre o ciclo de vida da GERA e a ISO 26000.

Figura 30 - Macrosistematização da ISO 26000 ao ciclo de vida de GERA



Fonte: Autor.

A fase de **Identificação** da GERAM engloba o **Escopo** da ISO 26000, identificando seu conteúdo, limitações e exclusões. A fase **Conceito** engloba os **Termos e definições** e **Entendendo a responsabilidade social**, contextualizando o desenvolvimento da responsabilidade social, desenvolvendo o conjunto de atividades necessárias à empresa. A fase **Requisitos** engloba os **Princípios da responsabilidade social**, desenvolvendo os princípios da responsabilidade social. A fase **Design** (preliminar e detalhado) engloba o **Reconhecendo a responsabilidade social e envolvendo os stakeholders** e a **Orientação sobre os temas centrais da responsabilidade social** fornecendo orientações sobre temas centrais e questões da responsabilidade social entre a organização, seus *stakeholders* e a sociedade. Por último, a fase **Implementação** engloba a **Orientação sobre integração da responsabilidade social em toda organização** contendo orientações de como a responsabilidade social pode ser colocada em prática pela organização.

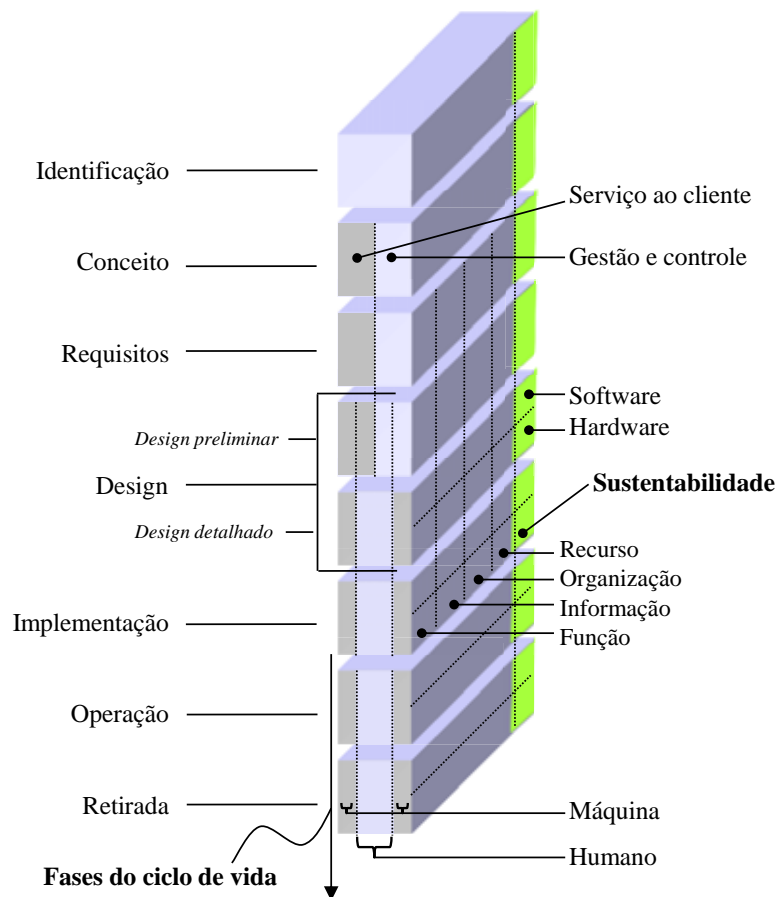
Vale ressaltar que apesar da sistematização da ISO 26000 não abranger todos os componentes do ciclo de vida da GERA devido, como já citado, a esta Norma apresentar apenas orientações que auxiliam as empresas no entendimento e abordagens da responsabilidade social em seus processos, produtos, serviços e comunidade na qual a



empresa está inserida, acredita-se que a sua implantação por parte das empresas seja possível, apesar da ausência das fases de **Operação** e **Retirada** no ciclo de vida da GERA.

Como resultado das sistematizações apresentadas na Figura 28, Figura 29 e Figura 30, propõem-se uma possível extensão da estrutura da GERA adicionando ao seu ciclo de vida uma nova vista denominada “Sustentabilidade”, além das vistas de função, informação, recursos e organização já existentes na GERA. A fim de que esta nova vista, utilizando-se dos conceitos extraídos das Normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 26000 para cada fase do ciclo de vida da GERA, auxilie as empresas em alcançar o DS. A Figura 31 ilustra a vista denominada “Sustentabilidade”.

Figura 31 – Estrutura adaptada do ciclo de vida de GERA



Fonte: Autor

Transportando os conceitos da Norma ISO 9001, ISO 14001 e ISO 26000 como uma nova vista do ciclo de vida da GERA, torna-se possível alinhar os objetivos do DS com uma AE que é referência para o mapeamento de outras AE existentes no mercado.

A vista Sustentabilidade permeia todas as fases do ciclo de vida da GERA, pois sua utilização vai desde o início das atividades da empresa até o seu encerramento, de forma que durante todo o ciclo de vida daquela entidade suas ações estejam em acordo com o DS.

Contudo, esta sistematização apresentada é apenas uma parte do prisma, e podem existir mais pesquisas a serem realizadas, como, por exemplo, o detalhamento da Norma ISO 26000 para as fases de Operação e Retirada do ciclo de vida da GERA.

Outro fator importante com a implantação deste modelo proposto é o fato de que, como os requisitos do DS estão atrelados aos processos e produtos da empresa, torna-se mais simples para a área gerencial da empresa o acesso aos resultados gerados pelas práticas sustentáveis adotadas, bem como comparar as ações tomadas que levaram a determinados resultados. Permitindo que informações críticas para a empresa estejam acessíveis em tempo hábil e com qualidade.

Desta forma, respondem-se as questões de pesquisa elaboradas no início desta pesquisa, demonstrando que os componentes existentes para a EIE, dentre eles a AE, não suportam os conceitos relativos ao DS, contudo, como demonstrado, é possível sistematizar os conceitos do DS a uma EIE.

O relatório do GRI, um dos principais indicadores de desempenho para avaliar o compromisso das empresas com o DS, pode ser usado para avaliar o desempenho das práticas sustentáveis adotadas pela empresa através da implantação da estrutura proposta na Figura 31.

A importância da utilização do GRI, mesmo que apenas para gerar o relatório de indicadores, justifica-se devido a sua abrangência e alcance. Ao analisar a sua abrangência, é possível constatar que o GRI engloba uma grande quantidade de indicadores a serem reportados, não apenas os indicadores que são solicitados pelas Normas ISO, mas também indicadores que são importantes no comprometimento da empresa com o DS. Um dos pontos mais importantes do GRI é o seu alcance, pois diferentemente das Normas ISO, cujos indicadores são utilizados nas auditorias internas e externas e, em alguns casos, solicitados por clientes para comprovar a efetividade na utilização da Norma ISO na empresa, o GRI é emitido para a sociedade em geral, proporcionando a qualquer indivíduo ter acesso às informações sobre o comprometimento da empresa com o DS.

Desta forma, o GRI se firma como uma importante ferramenta para as empresas reportarem a sociedade os indicadores de desempenho sobre seu comprometimento com o DS.

## 6. CONCLUSÕES

Este trabalho realizou um estudo bibliográfico exploratório sobre a Engenharia e Integração de Empresas e seu suporte ao Desenvolvimento Sustentável, buscando responder as seguintes questões de pesquisa:

- “Como a Engenharia e Integração de Empresas suporta os aspectos do Desenvolvimento Sustentável em seus componentes?”; e
- “Como sistematizar os aspectos do Desenvolvimento Sustentável no âmbito da Arquitetura de Empresas no contexto da Engenharia e Integração de Empresas?”.

Para responder a estas questões realizou-se no Capítulo 2 uma revisão da literatura sobre EIE, buscando um melhor entendimento dos componentes de sua estrutura considerados essências baseados na GERAM (Figura 1). No Capítulo 3, elaborou-se uma revisão da literatura sobre o DS, citando alguns *frameworks* criados para implantação e avaliação de práticas sustentáveis por parte de empresas que buscam alcançar o DS. No Capítulo 4 apresentaram-se os trabalhos encontrados durante a pesquisa nas bases de dados que tratam dos temas EIE e o DS de forma integrada, ou buscando integrá-los. Por fim, no Capítulo 5 apresentou-se o desenvolvimento e proposta desta pesquisa, buscando propor, quando plausíveis, diretrizes para a sistematização e incorporação do DS a uma EIE.

Vale ressaltar que devido à quantidade de componentes existentes na EIE este trabalho delimita-se a estudar, principalmente, a Arquitetura de Empresas, considerado o componente de maior significatividade.

Em resposta à primeira questão de pesquisa entendeu-se que os componentes desenvolvidos para as EIE encontradas na literatura, em específico no caso deste trabalho a GERAM, não possuem elementos que abordem os aspectos do DS. Contudo, após as análises realizadas no Capítulo 5, concluiu-se ser possível propor contribuições para sistematização de extensões e melhorias para a EIE através da estrutura da GERA, com a criação de uma nova vista: denominada “Sustentabilidade”. O relatório do GRI seria utilizado para avaliar o desempenho das práticas sustentáveis adotadas através de indicadores de sustentabilidade durante a operação da empresa.

Em resposta à segunda questão de pesquisa, demonstrou-se no Capítulo 5 a possível sistematização dos aspectos do DS através das Normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 26000 ao componente da GERA da GERAM. Desta forma, demonstrando como seria realizada a incorporação dos aspectos relativos ao DS à uma AE no contexto da EIE.

Observou-se também, por meio da revisão da literatura realizada, que as empresas que buscam um comprometimento com o DS têm como primeiro passo a adoção de práticas que atestem este comprometimento. Nesse sentido, ao estudar as Normas ISO verificou-se suas relações com os conceitos do DS, sendo possível relacionar a ISO 9001 como conceito econômico, a ISO 14001 com o conceito ambiental e a ISO 26000 com o conceito social, que compõem o TBL.

Um dos fatores importante para a adoção de uma AE que suporte os conceitos do DS está na integração de seus conceitos aos sistemas de gestão da empresa, ou *Enterprise Resource Planning*. Esses sistemas de gestão são responsáveis, muitas vezes, pela gestão de todos os departamentos de uma empresa, como contas a pagar, recursos humanos, produção, transportes, dentre outras.

Muitos desses sistemas de gestão utilizam-se de uma AE para estruturar suas atividades e processos, de forma a garantir que os procedimentos adotados pelo sistema sigam um padrão de desenvolvimento. Entretanto, com visto, as AE atuais não suportam em sua estrutura os conceitos relativos ao DS, dificultando assim o desenvolvimento de sistemas de gestão que possuam em sua estrutura práticas sustentáveis implementadas.

Neste sentido, esta pesquisa buscou trabalhar uma das possibilidades de como as empresas podem incorporar o DS em todos os níveis de suas atividades, sem negligenciar o bom andamento e retorno de seus negócios, além de trazer vantagens competitivas e uma imagem positiva perante seus *stakeholders*, a sociedade e governos.

#### 6.1 LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DA PESQUISA

Devido à limitação deste trabalho, por conta da característica de revisão da literatura, não foi possível testar, através de estudo de caso, o modelo proposto. Assim, como pesquisa futura, sugere-se realizar estudos de caso em empresas que possuam as Normas ISO 9001 e ISO 14001 implantadas, que emitam o relatório do GRI e se utilizem de alguma AE para modelar seus processos, a fim de verificar se a proposta deste trabalho é viável.

É possível também realizar, para cada uma das Macrosistematizações propostas na Figura 28, Figura 29 e Figura 30, o desenvolvimento de trabalhos específicos, visando aprofundar os conceitos utilizados nas sistematizações apresentadas de forma a facilitar a sua utilização e implementação pelas empresas, utilizando-se, por exemplo, do ciclo de vida da GERA para descrever cada um dos passos necessários para a implantação das Normas ISO apresentadas.

Acredita-se, ainda, como recomendações para futuras pesquisas, ser possível utilizar-se de outras práticas, sistemas ou normas (como por exemplo, o *Life Cycle Assessment* e o *Eco Design*) para novas sistematizações de extensões que venham a agregar benefícios e melhorias na estrutura do ciclo de vida da GERA, além de expandir a sistematização para os demais componentes da GERAM.

## REFERÊNCIAS

- ABNT, A. B. DE N. T. *NBR ISO 9001 - Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos.*, NBR ISO 9001. Norma. Rio de Janeiro: ABNT, 2000. Disponível em: <[http://www.fasi.edu.br/files/biblioteca/NBR\\_iso9001.pdf](http://www.fasi.edu.br/files/biblioteca/NBR_iso9001.pdf)>. Acesso em: 16 out. 2013.
- AMICE, E. C. *CIMOSA: Open System Architecture for CIM*. Michigan University: Springer-Verlag, 1993.
- BADURDEEN, F.; LIYANAGE, J. P. Sustainable value co-creation through mass customisation: A framework. *International Journal of Sustainable Manufacturing*, v. 2, n. 2-3, p. 180–203, 2011.
- BALDAM, R. *et al. Gerenciamento de Processos de Negócios - BPM*. Brasil: ERICA, 2007.
- BERNARD, S.; LANDESBERG, M.; ROSS, R. *Federal Enterprise Architecture Security and Privacy Profile.*, Security and Privacy Profile. Guide, n° Version 3.0. US: Federal Chief Information Officers Council, Architecture and Infrastructure Committee, set. 2010. Disponível em: <<https://cio.gov/wp-content/uploads/downloads/2012/09/FEA-Security-Privacy-Profile-v3-09-30-2010.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2013.
- BREMER, C. F.; LENZA, R. DE P. A reference model for production management in assembly to order: ato production systems and its multiple applications. *Gestão & Produção*, v. 7, n. 3, p. 269–282, dez. 2000. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2000000300006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2000000300006&script=sci_arttext)>. Acesso em: 11 jul. 2013.
- BROWN, H. S.; DE JONG, M.; LESSIDRENSKA, T. The rise of the Global Reporting Initiative: a case of institutional entrepreneurship. *Environmental Politics*, v. 18, n. 2, p. 182–200, 2009.
- CAREW, A. L.; MITCHELL, C. A. Teaching sustainability as a contested concept: capitalizing on variation in engineering educators’ conceptions of environmental, social and economic sustainability. *Journal of Cleaner Production*, v. 16, n. 1, p. 105–115, jan. 2008.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. *Metodologia científica*. São Paulo: Prentice Hall, 2004.
- CHAHARSOOGHI, K.; AHMADI ACHACHLOUEI, M. Developing life-cycle phases for the DoDAF using ISO15704 Annex A (GERAM). *Computers in Industry*, v. 62, n. 3, p. 253–259, abr. 2011.
- CHAPURLAT, V.; BRAESCH, C. Verification, validation, qualification and certification of enterprise models: Statements and opportunities. *Computers in Industry*, v. 59, n. 7, p. 711–721, set. 2008.
- CHEN, C.-C. Incorporating green purchasing into the frame of ISO 14000. *Journal of Cleaner Production*, v. 13, n. 9, p. 927–933, jul. 2005.
- CHEN, D.; DOUMEINGTS, G.; VERNADAT, F. Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future. *Computers in Industry*, v. 59, n. 7, p. 647–659, set. 2008.

CHEN, D.; KNOTHE, T.; ZELM, M. ATHENA Integrated Project and the Mapping to International Standard ISO 15704. In: BERNUS, P.; FOX, M. (Org.). *Knowledge Sharing in the Integrated Enterprise*. IFIP — The International Federation for Information Processing. [S.l.]: Springer US, 2005. p. 67–77.

COUNCIL, C. I. O. *A Pratical Guide to Federal Enterprise Architecture*. , nº 1.0. Springfield: U.S. Customs Service, fev. 2001. Disponível em: <<http://www.enterprise-architecture.info/Images/Documents/Federal%20Enterprise%20Architecture%20Guide%20v1a.pdf>>. Acesso em: 8 maio 2013.

CULTRI, C. DO N.; MANFRINATO, J. W. DE S.; CAMPOS, R. DE. Necessidade de Adaptação de Metodologias e Linguagens de Modelagem de Empresas para a Gestão Ambiental. In: 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS, 2006, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto, 2006.

DAVENPORT, T. H. *Reengenharia de processo como inovar na empresa através da tecnologia da informação*. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

ERIKSSON, H.-E.; PENKER, M. *Business modeling with UML: business patterns at work*. New York: John Wiley & Sons, 2000.

FRANKE, U. *et al.* EAF2- A Framework for Categorizing Enterprise Architecture Frameworks. In: 10TH ACIS, 2009, p. 327–332.

FRASER, M. T. D.; GONDIM, S. M. G. Da fala do outro ao texto negociado: discussões sobre a entrevista na pesquisa qualitativa. *Paidéia (Ribeirão Preto)*, v. 14, n. 28, p. 139–152, ago. 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-863X2004000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-863X2004000200004&script=sci_arttext)>. Acesso em: 20 set. 2013.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE. *Sustainability Reporting Guidelines*. . TheNetherlands: Global Reporting Initiative, 2011. Disponível em: <<https://www.globalreporting.org/resourcelibrary/G3.1-Guidelines-Incl-Technical-Protocol.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2013.

HAHN, R. ISO 26000 and the Standardization of Strategic Management Processes for Sustainability and Corporate Social Responsibility. *Business Strategy and the Environment*, ago. 2012a.

HAHN, R. Standardizing Social Responsibility? New Perspectives on Guidance Documents and Management System Standards for Sustainable Development. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 59, n. 4, p. 717–727, 2012b.

HAHN, T.; FIGGE, F. Beyond the Bounded Instrumentality in Current Corporate Sustainability Research: Toward an Inclusive Notion of Profitability. *Journal of Business Ethics*, v. 104, n. 3, p. 325–345, 1 dez. 2011.

HAMMER, M.; CHAMPY, J.; KORYTOWSKI, I. *Reengenharia: revolucionando a empresa em função dos clientes, da concorrência e das grandes mudanças da gerência*. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

HE, D. *et al.* An approach to use PERA in Enterprise Modeling for industrial systems. In: IECON 2012 - 38TH ANNUAL CONFERENCE ON IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY, 2012, p. 4196–4203.

HOFREITER, B. *et al.* UN/CEFACT'S Modeling Methodology (UMM): A UML Profile for B2B e-Commerce. In: RODDICK, J. F. *et al.* (Org.). *Advances in Conceptual Modeling - Theory and Practice*. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, 2006. p. 19–31.

IEEE STD 1471-2000. *IEEE recommended practice for architectural description*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2000.

IFIP, I. F. FOR I. P.; IFAC, I. F. OF A. C. *GERAM: Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology*. , nº GERAM V1.6.3. IFIP–IFAC Task Force on Architectures for Enterprise Integration, 1999. Disponível em: <<http://www.cit.gu.edu.au/~bernus/taskforce/geram/versions/geram1-6-3>>. Acesso em: 19 jan. 2013.

IRITANI, D. R. I. *et al.* Sustentabilidade organizacional e gestão por processos de negócios: uma integração necessária. *GCG: Revista de Globalização, Competitividade e Governabilidade*, v. 6, n. 3, 21 dez. 2012.

ISO 14001. *ISO 14001:2004 Environmental management systems - Requirements with guidance for use*. . International Organization for Standardization, 2004. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14001:ed-2:v1:en>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

ISO 26000. *ISO 26000 - Social responsibility*. Disponível em: <<http://www.iso.org/iso/home/standards/iso26000.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

ISO 26000. *ISO 26000:2010 Guidance on social responsibility*. . [S.l.]: International Organization for Standardization, 2010. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:26000:ed-1:v1:en>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

ISO 9001. *ISO 9001:2008 Quality management systems – Requirements*. . [S.l.]: International Organization for Standardization, 2008. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-4:v1:en>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

ISO SURVEY. *The ISO Survey 2011*. Disponível em: <<http://www.iso.org/iso/home/standards/certification/iso-survey.htm>>. Acesso em: 5 set. 2013.

JIANG, Z. The new modeling method for Instructional System Design with Unified Process and UML. In: 2012 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE EDUCATION (ICCSE), 2012, p. 1912–1916.

JOHNSON, P. *et al.* Enterprise architecture analysis with extended influence diagrams. *Information Systems Frontiers*, v. 9, n. 2-3, p. 163–180, 1 jul. 2007.

JØRGENSEN, T. H.; REMMEN, A.; MELLADO, M. D. Integrated management systems – three different levels of integration. *Journal of Cleaner Production*, v. 14, n. 8, p. 713–722, jan. 2006.



- KATES, R. W.; PARRIS, T. M.; LEISEROWITZ, A. A. What is Sustainable Development? Goals, Indicators, Values, and Practice. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, v. 47, n. 3, p. 8–21, 2005.
- KOSANKE, K.; VERNADAT, F.; ZELM, M. CIMOSA: enterprise engineering and integration. *Computers in Industry*, v. 40, n. 2–3, p. 83–97, nov. 1999.
- LABUSCHAGNE, C.; BRENT, A. C.; VAN ERCK, R. P. G. Assessing the sustainability performances of industries. *Journal of Cleaner Production*, v. 13, n. 4, p. 373–385, mar. 2005.
- LANKHORST, M. *et al.* *Enterprise architecture at work: modelling, communication, and analysis*. Berlin ; New York: Springer, 2005.
- LI, H.; WILLIAMS, T. J. Some extensions to the Purdue Enterprise Reference Architecture (PERA): I. Explaining the Purdue architecture and the Purdue methodology using the axioms of engineering design. *Computers in Industry*, v. 34, n. 3, p. 247–259, dez. 1997.
- LINNENLUECKE, M. K.; GRIFFITHS, A. Corporate sustainability and organizational culture. *Journal of World Business*, v. 45, n. 4, p. 357–366, out. 2010.
- LIST, B.; KORHERR, B. An evaluation of conceptual business process modelling languages. SAC '06, 2006, New York, NY, USA. *Anais...* New York, NY, USA: ACM, 2006. p. 1532–1539.
- MACDONALD, J. P. Strategic sustainable development using the ISO 14001 Standard. *Journal of Cleaner Production*, v. 13, n. 6, p. 631–643, maio 2005.
- MEDINI, K.; BOUREY, J. P. SCOR-based enterprise architecture methodology. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, v. 25, n. 7, p. 594–607, 2012.
- MEDINI, K.; DA CUNHA, C.; BERNARD, A. An Enterprise Meta Model for the Assessment and Improvement of Sustainability and Mass Customization Performance. jun. 2012, Bordeaux, France. *Anais...* Bordeaux, France, jun. 2012. p. 1.
- MEDINI, K.; DA CUNHA, C. M.; BERNARD, A. Enterprise Modelling Requirements for a Sustainability Multi Level Assessment. ago. 2011, Stuttgart, Allemagne. *Anais...* Stuttgart, Allemagne, ago. 2011. p. 1.
- MERTINS, K.; JOCHEM, R. Architectures, methods and tools for enterprise engineering. *International Journal of Production Economics*, v. 98, n. 2, p. 179–188, 18 nov. 2005.
- MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Produção*, v. 17, n. 1, p. 216–229, abr. 2007.
- MINOLI, D. *Enterprise Architecture A to Z: Frameworks, Business Process Modeling, SOA, and Infrastructure Technology*. CRC Press, 2008.
- MOHAMED, M. A. *et al.* An evaluation of enterprise architecture frameworks for e-government. In: 2012 SEVENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER ENGINEERING SYSTEMS (ICCES), 2012, p. 255–260.

MONZANI, R.; BREMER, C. F. Um modelo de referência para controle de chão de fábrica e suas múltiplas aplicações. In: XXI ENEGEP, 2001. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001\\_TR14\\_0679.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR14_0679.pdf)>. Acesso em: 11 jul. 2013.

NORAN, O. A systematic evaluation of the C4ISR AF using ISO15704 Annex A (GERAM). *Computers in Industry*, v. 56, n. 5, p. 407–427, jun. 2005.

NORAN, O. Building a support framework for enterprise integration. *Computers in Industry*, v. 64, n. 1, p. 29–40, jan. 2013.

NORAN, O. Towards an Environmental Management Approach for Collaborative Networks. In: CAMARINHA-MATOS, L. M.; BOUCHER, X.; AFSARMANESH, H. (Org.). *Collaborative Networks for a Sustainable World*. IFIP Advances in Information and Communication Technology. Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 17–24.

OSKARSSON, K.; VON MALMBORG, F. Integrated management systems as a corporate response to sustainable development. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, v. 12, n. 3, p. 121–128, 2005.

PARSON, E. A.; HAAS, P. M.; LEVY, M. A. A Summary of the Major Documents Signed at the Earth Summit and the Global Forum. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, v. 34, n. 8, p. 12–36, 1992.

ROCHETTI, A. T.; CAMPOS, R. DE; CARVALHO, R. A. DE. Uma análise comparativa entre linguagens de modelagem BPMN e CIMOSA. In: MATURIDADE E DESAFIOS DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: COMPETITIVIDADE DAS EMPRESAS, CONDIÇÕES DE TRABALHO, MEIO AMBIENTE, out. 2010, São Carlos. *Anais...* São Carlos: [s.n.], out. 2010.

ROSEN, M.; SHARMA, H.; KRICHEVSKY, T. Architecture for the Sustainable Enterprise. *Enterprise Architecture*, v. 12, n. 9, p. 24, 2009.

SALAY, R. *et al.* Managing requirements uncertainty with partial models. *Requirements Engineering*, v. 18, n. 2, p. 107–128, 1 jun. 2013.

SALGADO, E. G. *et al.* Modelos de referência para desenvolvimento de produtos: classificação, análise e sugestões para pesquisas futuras. *Revista Produção Online*, v. 10, n. 4, p. 886–911, 21 nov. 2010.

ŠAŠA, A.; KRISPER, M. Enterprise architecture patterns for business process support analysis. *Journal of Systems and Software*, v. 84, n. 9, p. 1480–1506, set. 2011.

SCHEKKERMAN, J. *Enterprise Architecture Tool Selection Guide*. , n<sup>o</sup> Version 6.3. [S.l.]: Institute For Enterprise Architecture Developments, out. 2011. Disponível em: <<http://www.enterprise-architecture.info/Images/EA%20Tools/Enterprise%20Architecture%20Tool%20Selection%20Guide%20v6.3.pdf>>. Acesso em: 8 ago. 2013.

SHAHRAH, A. Y.; HOSSAIN, M. A.; ALGHAMDI, A. S. A collaboration architecture for distributed smart surveillance systems based on DoDAF 2.0. In: 2012 INTERNATIONAL

JOINT CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE AND SOFTWARE ENGINEERING (JCSSE), 2012, p. 305–310.

SILVA, E. L. DA; MENEZES, E. M. *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.*, n<sup>o</sup> 4<sup>a</sup> edição. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2005. Disponível em: <[http://tccbiblio.paginas.ufsc.br/files/2010/09/024\\_Metodologia\\_de\\_pesquisa\\_e\\_elaboracao\\_de\\_teses\\_e\\_dissertacoes1.pdf](http://tccbiblio.paginas.ufsc.br/files/2010/09/024_Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes1.pdf)>. Acesso em: 4 mar. 2012.

SIMON, D.; FISCHBACH, K.; SCHODER, D. Enterprise architecture management and its role in corporate strategic management. *Information Systems and e-Business Management*, p. 1–38, 8 mar. 2013.

STANIŠKIS, J. K.; ARBAČIAUSKAS, V. Sustainability Performance Indicators for Industrial Enterprise Management. *Environmental Research, Engineering and Management*, v. 48, n. 2, p. 42–50, 7 set. 2009.

STEELE, R. *Rethinking Rio+ 20 - How ISO contributes to sustainable action*. Disponível em: <[http://www.iso.org/iso/home/news\\_index/news\\_archive/news.htm?refid=Ref1519](http://www.iso.org/iso/home/news_index/news_archive/news.htm?refid=Ref1519)>. Acesso em: 15 jan. 2013.

THE OPEN GROUP. *TOGAF Version 9.1*. Zaltbommel: Van Haren Publishing, 2011.

TUPPER, C. D. 2 - Enterprise Architecture Frameworks and Methodologies. *Data Architecture*. Boston: Morgan Kaufmann, 2011a. p. 23–55.

TUPPER, C. D. 4 - Understanding Development Methodologies. *Data Architecture*. Boston: Morgan Kaufmann, 2011b. p. 75–91.

U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE. *The DoDAF Architecture Framework Version 2.02.* . [S.l.]: U.S. Department of Defense, ago. 2010. Disponível em: <[http://dodcio.defense.gov/Portals/0/Documents/DODAF/DoDAF\\_v2-02\\_web.pdf](http://dodcio.defense.gov/Portals/0/Documents/DODAF/DoDAF_v2-02_web.pdf)>. Acesso em: 8 maio 2013.

UN/CEFACT, U. N. C. FOR T. F. AND E. B. *UN/CEFACT Modeling Methodology (UMM) User Guide CEFACT/TMG/N093*, set. 2003. Disponível em: <[http://www.unece.org/fileadmin/DAM/cefact/umm/UMM\\_userguide\\_220606.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/cefact/umm/UMM_userguide_220606.pdf)>. Acesso em: 4 jul. 2013.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT. *The future we want.* . Rio de Janeiro: United Nations, 2012. Disponível em: <<http://www.uncsd2012.org/thefuturewewant.html>>. Acesso em: 14 jan. 2013.

VALLEJO, C.; ROMERO, D.; MOLINA, A. Enterprise integration engineering reference framework and toolbox. *International Journal of Production Research*, v. 50, n. 6, p. 1489–1511, 2012.

VERNADAT, F. Enterprise modeling and integration (EMI): Current status and research perspectives. *Annual Reviews in Control*, v. 26, n. 1, p. 15–25, 2002.

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

WEGMANN, A. On the Systemic Enterprise Architecture Methodology (SEAM). In: ICEIS 2003, 2003, p. 483–490.

WILLIAMS, T. J. The Purdue enterprise reference architecture. *Computers in Industry*, v. 24, n. 2–3, p. 141–158, set. 1994.

WIRTENBERG, J. *et al.* HR's Role in Building a Sustainable Enterprise: Insights From Some of the World's Best Companies. *Human Resource Planning*, 1 jan. 2007. Disponível em: <<http://view.fdu.edu/files/hrrolesustpaper.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2013.

WIRTENBERG, J.; RUSSELL, W. G.; LIPSKY, D. (Org.). *The sustainable enterprise fieldbook: when it all comes together*. New York, NY: AMACOM Books, 2009.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. *Our common future*. Oxford ; New York: Oxford University Press, 1987. (Oxford paperbacks).

WORLD SUMMIT ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT. *The Johannesburg Declaration on Sustainable Development*. Disponível em: <[http://www.johannesburgsummit.org/html/documents/summit\\_docs/1009wssd\\_pol\\_declaration.htm](http://www.johannesburgsummit.org/html/documents/summit_docs/1009wssd_pol_declaration.htm)>. Acesso em: 14 jan. 2013.

ZACHMAN, J. A. A framework for information systems architecture. *IBM Systems Journal*, v. 26, n. 3, p. 276–292, 1987. Disponível em: <<http://domino.research.ibm.com/tchjr/journalindex.nsf/a3807c5b4823c53f85256561006324be/d9d379f60c3859fd85256bfa00685bd7?OpenDocument>>. Acesso em: 7 maio 2013.

ZACHMAN, J. A. *John Zachman's Concise Definition of The Zachman Framework<sup>TM</sup>*. Disponível em: <<http://www.zachman.com/about-the-zachman-framework>>. Acesso em: 25 ago. 2013.

ZENG, S. X.; TIAN, P.; TAM, C. M. Overcoming barriers to sustainable implementation of the ISO 9001 system. *Managerial Auditing Journal*, v. 22, n. 3, p. 244–254, 27 mar. 2007. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/10.1108/02686900710733125>>. Acesso em: 11 abr. 2013.