



**João Luís Mendes da Luz Patacas**

Licenciado em Ciências de Engenharia Civil

## **Metodologia para suporte de processos colaborativos na indústria da construção baseada em interoperabilidade e BIM**

Dissertação para obtenção do Grau Mestre em  
Engenharia Civil – Perfil de Construção

Orientador: Nuno Cachadinha, Professor Doutor, FCT-UNL

Co-orientador: Pedro Maló, Professor Assistente, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Doutor João Rocha de Almeida – FCT/UNL

Arguente: Doutora Fátima Farinha – ISE/UAIG

Vogais: Doutor Nuno Cachadinha – FCT/UNL

Mestre Pedro Maló – FCT/UNL



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Setembro de 2012**





**João Luís Mendes da Luz Patacas**

Licenciado em Ciências de Engenharia Civil

# **Metodologia para suporte de processos colaborativos na indústria da construção baseada em interoperabilidade e BIM**

Dissertação para obtenção do Grau Mestre em  
Engenharia Civil – Perfil de Construção

Orientador: Nuno Cachadinha, Professor Doutor, FCT-UNL

Co-orientador: Pedro Maló, Professor Assistente, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Doutor João Rocha de Almeida – FCT/UNL

Arguente: Doutora Fátima Farinha – ISE/UA Ig

Vogais: Doutor Nuno Cachadinha – FCT/UNL

Mestre Pedro Maló – FCT/UNL



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Setembro de 2012**



‘Copyright’ João Luís Mendes da Luz Patacas, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de aproveitar este espaço para agradecer a todas as pessoas que tornaram possível a realização desta dissertação.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao Prof. Nuno Cachadinha pela sua disponibilidade, e principalmente pelo seu estímulo no desenvolvimento de capacidades de pesquisa que foram fundamentais para a realização do trabalho.

Gostaria de agradecer igualmente ao Eng. Pedro Maló pelo seu tempo, dedicação, partilha de conhecimentos e pelo papel fundamental que teve no rumo que o trabalho tomou.

Devo um agradecimento especial ao Dr. Ruben Costa pelo tempo dedicado na fase de validação da dissertação.

Gostaria igualmente de agradecer a todos os colegas que me acompanharam nesta fase final de curso, especialmente ao Paulo Taborda pela sua cooperação e ajuda.

Finalmente, gostaria de agradecer aos meus pais pelo apoio que me deram ao longo de todo o meu percurso académico, a todos os meus amigos, bem como à Inês pelo carinho, apoio e compreensão que demonstrou ao longo dos últimos anos, e especialmente nesta fase.

A todos, o meu sincero obrigado.





## RESUMO

O *Building Information Modelling* (BIM) apresenta-se como metodologia para o desenvolvimento de projectos e gestão de empreendimentos na indústria da Arquitectura, Engenharia e Construção (AEC). A utilização da metodologia BIM na indústria AEC tem como objectivos aumentar a produtividade, eficiência, qualidade de construção, e simultaneamente reduzir custos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos. Para tal, há que garantir a interoperabilidade entre as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) utilizadas pelo sector, não só ao nível de dados, mas também ao nível dos processos internos dos vários intervenientes do sector AEC, bem como nas suas relações de colaboração com entidades externas.

Neste estudo é proposta uma metodologia para servir de base à colaboração entre os vários intervenientes da indústria AEC, baseada nos princípios de referência de interoperabilidade aos níveis de processos, serviços e dados, assegurando a representação da colaboração em TIC baseadas em BIM. Para este efeito são analisadas várias metodologias para a modelação de processos colaborativos suportados em dados de produto – ISO 10303 (STEP), GTPPM, IDM, e CBP – sendo proposto um método para suportar a colaboração baseado nesta análise. É efectuada uma aplicação do método num domínio concreto do ciclo de vida de empreendimentos com o objectivo de testar e validar o método proposto.

Através da realização deste estudo conclui-se que o método proposto pode ser aplicado em diversos contextos durante o ciclo de vida de empreendimentos. O método proposto pode ser aplicado a formas contratuais que variam no grau de colaboração entre intervenientes da indústria. As capacidades de abstracção na definição e implementação de processos colaborativos constituem uma importante contribuição para a protecção da propriedade intelectual dos intervenientes.

**Termos chave:** BIM, interoperabilidade, processos colaborativos, indústria da construção



# ABSTRACT

Building Information Modelling (BIM) has been proposed as a methodology for the development and management of building projects in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry. The use of BIM in the AEC sector aims to increase productivity, efficiency, and construction quality, while simultaneously reducing costs throughout the life cycle of building projects. To this end, interoperability between Information and Communication Technologies (ICT) used by the sector must be assured, not only at the data level, but also between AEC stakeholders' internal business processes, as well as the sector's collaborative relationships with external entities.

In this study, a methodology is proposed in order to provide the basis for the collaboration between AEC stakeholders. The proposed method takes into account the reference principles of interoperability at the process, service and data levels, ensuring the representation of collaboration in ICT-based BIM applications. To this effect various methodologies for the modelling of collaborative processes supported in product data are analysed - ISO 10303 (STEP), GTPPM, IDM, and CBP – and a method to support collaboration is proposed based on this analysis. The proposed method is carried out in a particular field of the life cycle of building development for testing and validation purposes.

This study shows that the proposed method can be applied in diverse contexts during the life cycle of building development. The proposed method can be applied to contractual forms that vary in the degree of collaboration between industry stakeholders. The proposed method's abstraction faculties in the definition and implementation of collaborative business processes provide an important contribution for the protection of stakeholders' intellectual property.

**Keywords:** BIM, interoperability, collaborative processes, construction industry



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AAM	<i>Application Activity Model</i>
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AIA	<i>American Institute of Architects</i>
AIF	<i>ATHENA Interoperability Framework</i>
AIM	<i>Application Integrated Model</i>
AM	<i>Application Modules</i>
AP	<i>Application Protocols</i>
ARM	<i>Application Reference (ou Requirement) Model</i>
ATHENA IP	<i>Advanced Technologies for interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their Applications Integrated Project</i>
BPEL	<i>Business Process Execution Language</i>
BPM	<i>Business Process Management</i>
BPMN	<i>Business Process Modelling Notation</i>
BIM	<i>Building Information Modelling</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CBP	<i>Cross-Organizational Business Processes</i>
CC	Concepção-Construção
CCC	Concepção-Concurso-Construção
CIM	<i>Computation Independent Model</i>
CIS/2	<i>CimSteel Integration Standard, Version 2</i>
IAI	<i>International Alliance for Interoperability</i>
IC	<i>Information Construct</i>
IDM	<i>Information Delivery Manual</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IFD	<i>International Framework Dictionaries</i>
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i>
IRs	<i>Integrated Resources</i>
ISO	<i>International Standards Organization</i>
LPM	<i>Logical Product Modelling</i>
MDA	<i>Model-Driven Architecture</i>
OMG	<i>Object Management Group</i>
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
PIM	<i>Platform Independent Model</i>
PSM	<i>Platform Specific Model</i>

TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
RCM	<i>Requirements Collection and Modelling</i>
SOA	Arquitetura orientada a serviços ou <i>Service Oriented Architecture</i>
STEP	<i>Standard for the Exchange of Product Model Data</i>
VII	<i>Vernacular Information Items</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>
XSD	<i>eXtensible Markup Language Schema Definition</i>
WSDL	<i>Web Services Description Language</i>

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1. MOTIVAÇÃO.....	2
1.2. PROBLEMÁTICA .....	3
1.3. HIPÓTESES DE ESTUDO.....	5
1.4. ANÁLISE GERAL DA METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO .....	6
1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	8
<b>2. ESTADO DO CONHECIMENTO.....</b>	<b>9</b>
2.1. METODOLOGIAS PARA PROCESSOS COLABORATIVOS SUPORTADOS EM DADOS DE PRODUTO .....	10
2.1.1. <i>Standard for the Exchange of Product Model Data (STEP)</i> .....	10
2.1.1.1 Metodologia .....	11
2.1.1.2 Análise .....	13
2.1.2. <i>Georgia Tech Process to Product Modeling (GTPPM)</i> .....	14
2.1.2.1 Metodologia .....	14
2.1.2.2 Análise .....	16
2.1.3. <i>Information Delivery Manual (IDM)</i> .....	17
2.1.3.1 Metodologia .....	18
2.1.3.2 Análise .....	19
2.1.4. <i>Cross-Organizational Business Processes (CBP)</i> .....	21
2.1.4.1 Metodologia .....	21
2.1.4.2 Análise .....	23
2.2. SÍNTESE DO ESTADO DO CONHECIMENTO .....	24
2.3. AVANÇO SOBRE O ESTADO DO CONHECIMENTO .....	26
<b>3. MÉTODO PROPOSTO .....</b>	<b>29</b>
3.1. ARQUITECTURA DO MÉTODO PROPOSTO .....	29
3.1.1. <i>Processos</i> .....	30
3.1.2. <i>Serviços</i> .....	32
3.1.3. <i>Dados</i> .....	35
3.2. REPRESENTAÇÃO DETALHADA DO MÉTODO PROPOSTO .....	37
<b>4. APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO .....</b>	<b>39</b>

4.1. DEFINIÇÃO DE PROCESSOS.....	41
4.1.1. <i>Descrição de processos</i> .....	43
4.1.1.1 Processo Colaborativo entre Projectista, Dono de Obra e Empreiteiro (contrato CCC) e entre Entidade de concepção e construção e Dono de Obra (contrato CC).....	43
4.1.1.2 Processo colaborativo entre Empreiteiro/Entidade de Concepção e Construção e Subempreiteiros e/ou Fornecedores. ....	47
4.2. SERVIÇOS E DADOS.....	49
4.2.1. <i>Especificação de dados</i> .....	49
4.2.2. <i>Definição de requisitos de troca</i> .....	50
4.2.2.1 Requisito de troca ER Determinação de Quantidades .....	50
4.2.2.2 Requisito de troca ER Determinação de Preços.....	55
<b>5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....</b>	<b>57</b>
5.1. ANÁLISE DE RESULTADOS DO MÉTODO PROPOSTO NO CONTEXTO DA DETERMINAÇÃO DE QUANTIDADES E CUSTOS NA FASE DE ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS .....	57
5.2. TESTES E VALIDAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO .....	58
5.2.1. <i>Identificação de soluções tecnológicas utilizadas na validação do método proposto</i> .....	59
5.2.2. <i>Definição de testes</i> .....	60
5.2.3. <i>Definição da prova de conceito</i> .....	61
5.2.4. <i>Aplicação dos testes</i> .....	62
5.2.4.1 Modelação de processos privados.....	62
5.2.4.2 Definição de vistas públicas.....	63
5.2.4.3 Definição de processos colaborativos .....	65
5.2.4.4 Execução de processos colaborativos .....	66
5.2.5. <i>Veredicto dos testes</i> .....	73
5.3. ANÁLISE QUALITATIVA DE CUSTO-BENEFÍCIO .....	73
5.3.1. <i>Análise do âmbito de aplicação</i> .....	75
5.3.2. <i>Exequibilidade do método proposto</i> .....	75
5.4. ANÁLISE DO MÉTODO PROPOSTO FACE ÀS HIPÓTESES DE ESTUDO E À QUESTÃO DE INVESTIGAÇÃO .....	76
5.4.1. <i>Processos</i> .....	77
5.4.2. <i>Serviços</i> .....	77
5.4.3. <i>Dados</i> .....	77
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>79</b>



6.1. LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	80
6.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	80
<b>7. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>83</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>89</b>
8.1. MAPAS DE PROCESSOS .....	89
8.2. REPRESENTAÇÃO DE REQUISITOS DE TROCA EM FORMATO XSD.....	94



# ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 2.1 – APLICAÇÕES BASEADAS NO STEP NA INDÚSTRIA AEC – ADAPTADO DE EASTMAN <i>ET AL.</i> (2011).....	12
QUADRO 2.2 – RESUMO DAS VÁRIAS METODOLOGIAS ABORDADAS PARA PROCESSOS COLABORATIVOS SUPPORTADOS EM DADOS DE PRODUTO E COMPARAÇÃO COM AS HIPÓTESES DE ESTUDO.....	25
QUADRO 4.1 – IDM: DO FORNECE REQUISITOS DO PROJECTO .....	44
QUADRO 4.2 – IDM: ANÁLISE DA DOCUMENTAÇÃO DO DO.....	44
QUADRO 4.3 – IDM: SUBMISSÃO DE PROPOSTA AO DO .....	44
QUADRO 4.4 – IDM: DO ANALISA RESULTADOS DA DETERMINAÇÃO DE QUANTIDADES .....	45
QUADRO 4.5 – IDM: ANÁLISE DA DOCUMENTAÇÃO DE CONCURSO (CCC) .....	45
QUADRO 4.6 – IDM: SUBMISSÃO DE PROPOSTA DE PREÇOS AO DO .....	45
QUADRO 4.7 – IDM: ANÁLISE DA PROPOSTA DO EMPREITEIRO/ECC .....	45
QUADRO 4.8 – IDM: ESCLARECIMENTO DO DO .....	45
QUADRO 4.9 – IDM: PROJECTISTA/ ENTIDADE DE CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO ACEITA RESULTADOS? .....	46
QUADRO 4.10 – IDM: DO ACEITA RESULTADOS? .....	46
QUADRO 4.11 – IDM: EMPREITEIRO ACEITA RESULTADOS?.....	46
QUADRO 4.12 – IDM: HÁ ERROS E OMISSÕES? .....	46
QUADRO 4.13 – IDM: ESCLARECIMENTO .....	46
QUADRO 4.14 – IDM: DO ACEITA PROPOSTA DO EMPREITEIRO/ECC? .....	46
QUADRO 4.15 – IDM: ANÁLISE DA PROPOSTA.....	47
QUADRO 4.16 – IDM: CONSULTA A SUBEMPREITEIROS/FORNECEDORES .....	48
QUADRO 4.17 – IDM: ANÁLISE DA DOCUMENTAÇÃO DO EMPREITEIRO/ECC .....	48
QUADRO 4.18 – IDM: SUBMISSÃO DE PROPOSTA AO EMPREITEIRO/ECC .....	48
QUADRO 4.19 – IDM: ANÁLISE DA PROPOSTA DOS SUBEMPREITEIROS/FORNECEDORES .....	48
QUADRO 4.20 – IDM: SUBMISSÃO DE PROPOSTA AO DO .....	48
QUADRO 4.21 – IDM: ESCLARECIMENTO DO EMPREITEIRO .....	48
QUADRO 4.22 – IDM: SUBEMPREITEIROS/FORNECEDORES ACEITAM MAPA DE QUANTIDADES? .....	49
QUADRO 4.23 – IDM: HÁ ERROS E OMISSÕES? .....	49
QUADRO 4.24 – IDM: EMPREITEIRO/ECC ACEITA PROPOSTA DOS FORNECEDORES/SUBEMPREITEIROS? .....	49
QUADRO 4.25 – IDM: ER DETERMINAÇÃO DE QUANTIDADES .....	49
QUADRO 4.26 – IDM: ER DETERMINAÇÃO DE PREÇOS .....	49
QUADRO 4.27 – IDM: MAPA DE QUANTIDADES.....	49
QUADRO 4.28 – IDM: PROPOSTA - ORÇAMENTO .....	50

QUADRO 4.29 – IDM: REQUISITOS DONO DE OBRA .....	50
QUADRO 4.30 – IDM: ESCLARECIMENTO .....	50
QUADRO 4.31 – IDM: REQUISITO DE TROCA <b>ER DETERMINAÇÃO DE QUANTIDADES</b> – INFORMAÇÃO GERAL .....	52
QUADRO 4.32 – IDM: REQUISITO DE TROCA <b>ER DETERMINAÇÃO DE QUANTIDADES</b> – ELEMENTOS ESTRUTURAIS .....	53
QUADRO 4.33 – IDM: REQUISITO DE TROCA <b>ER DETERMINAÇÃO DE QUANTIDADES</b> – ELEMENTOS CONSTRUTIVOS .....	54
QUADRO 4.34 – IDM: RESULTADOS DO REQUISITO DE TROCA <b>ER DETERMINAÇÃO DE QUANTIDADES</b> .....	54
QUADRO 4.35 – IDM: REQUISITO DE TROCA <b>ER DETERMINAÇÃO DE PREÇOS</b> – ADAPTADO DE IAI (2006).....	56
QUADRO 4.36 – IDM: RESULTADOS DO REQUISITO DE TROCA <b>ER DETERMINAÇÃO DE PREÇOS</b> .....	56
QUADRO 5.1 – FERRAMENTAS UTILIZADAS NOS TESTES AO MÉTODO PROPOSTO.....	60
QUADRO 5.2 – DEFINIÇÃO DE TESTES E REQUISITOS ASSOCIADOS – ADAPTADO DE COSTA (2007).....	60
QUADRO 5.3 – MODELAÇÃO DE PROCESSOS PRIVADOS .....	62
QUADRO 5.4 – DEFINIÇÃO DE VISTAS PÚBLICAS.....	63
QUADRO 5.5 – DEFINIÇÃO DE PROCESSOS COLABORATIVOS .....	65
QUADRO 5.6 – EXECUÇÃO DE PROCESSOS COLABORATIVOS .....	66
QUADRO 5.7 – POTENCIAIS BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO – ADAPTADO DE NAIDOO E STEVENS (2009) .....	74
QUADRO 5.8 – COMPARAÇÃO DAS HIPÓTESES DE ESTUDO COM AS DIMENSÕES E PASSOS DO MÉTODO PROPOSTO.....	76

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1– ARQUÉTIPO PARA COLABORAÇÃO SUPORTADA EM INTEROPERABILIDADE ENTRE DUAS EMPRESAS – ADAPTADO DE CHEN <i>ET AL.</i> (2008).....	5
FIGURA 1.2 – ANÁLISE GERAL DA METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO .....	6
FIGURA 2.1 – ARQUITECTURA STEP - (EASTMAN, 1999) .....	12
FIGURA 2.2 – COMPARAÇÃO ENTRE A MODELAÇÃO EFECTUADA ATRAVÉS DE A) STEP E B) GTPPM – (LEE, 2006) .....	15
FIGURA 2.3 – RELAÇÃO DA METODOLOGIA IDM COM O SECTOR AEC E O SECTOR TIC – ADAPTADO DE IAI (2012) .....	18
FIGURA 2.4 – ESTRUTURA BASE DO IDM – ADAPTADO DE IAI (2010) .....	18
FIGURA 2.5 – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA CBP NA COLABORAÇÃO ENTRE VÁRIAS ENTIDADES – ADAPTADO DE COSTA (2007) <i>APUD</i> ATHENA D1 (2007) .....	22
FIGURA 2.6 – <i>FRAMEWORK</i> DE MODELAÇÃO CBP – ADAPTADO DE GREINER <i>ET AL.</i> (2007) .....	22
FIGURA 3.1 – REPRESENTAÇÃO GERAL DA ARQUITECTURA DO MÉTODO PROPOSTO .....	30
FIGURA 3.2 – RELAÇÃO ENTRE VISTAS PRIVADAS E PÚBLICAS DEFINIDAS NA METODOLOGIA CBP E COLABORAÇÃO BASEADA NO IDM .....	31
FIGURA 3.3 – DEFINIÇÃO DE PROCESSOS PRIVADOS, VISTAS PÚBLICAS E PROCESSOS COLABORATIVOS DE ACORDO COM O MÉTODO PROPOSTO.....	32
FIGURA 3.4 – REPRESENTAÇÃO DA LIGAÇÃO ENTRE PROCESSOS E DADOS ATRAVÉS DE REQUISITOS DE TROCA – ADAPTADO DE IAI (2010) .....	32
FIGURA 3.5 – REPRESENTAÇÃO DE SERVIÇOS – 4) VISÃO DE PROCESSO – ADAPTADO DE IAI (2010) ; 5) VISÃO TECNOLÓGICA – ADAPTADO DE BRITTENHAM (2002) .....	34
FIGURA 3.6 – ASSOCIAÇÃO ENTRE TAREFAS E SERVIÇOS DE ACORDO COM A METODOLOGIA CBP CORRESPONDENTE AO PASSO 6 DO MÉTODO PROPOSTO (ATHENA-IP, 2010) .....	34
FIGURA 3.7 – IDM: RELAÇÃO ENTRE REQUISITOS DE TROCA E PARTES FUNCIONAIS NA METODOLOGIA IDM: A) INCLUSÃO DE PARTES FUNCIONAIS NOUTRAS PARTES FUNCIONAIS; B) INCLUSÃO DE PARTES FUNCIONAIS NOS REQUISITOS DE TROCA (IAI, 2010) .....	35
FIGURA 3.8 – EXEMPLO DE TROCA DE DADOS ATRAVÉS DE UM SERVIÇO DEFINIDO COM BASE NUM REQUISITO DE TROCA .....	36
FIGURA 3.9 – ARQUITECTURA DETALHADA DO MÉTODO PROPOSTO: EXEMPLO DE TROCA DE UMA MENSAGEM ENTRE DOIS INTERVENIENTES DEFINIDA COM BASE NUM REQUISITO DE TROCA .....	37
FIGURA 4.1 – PROCESSO GERAL DE DETERMINAÇÃO DE QUANTIDADES E DE CUSTOS DURANTE A FASE DE ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS .....	39
FIGURA 4.2 – ÂMBITO DA COLABORAÇÃO ENTRE INTERVENIENTES PARA A CONTRATUALIZAÇÃO BASEADA EM CONCEPÇÃO-CONCURSO-CONSTRUÇÃO (CCC) .....	40

FIGURA 4.3 – ÂMBITO DA COLABORAÇÃO ENTRE INTERVENIENTES PARA A CONTRATUALIZAÇÃO BASEADA EM CONCEPÇÃO-CONSTRUÇÃO (CC) .....	41
FIGURA 4.4 – ELEMENTOS DA LINGUAGEM DE MODELAÇÃO BPMN UTILIZADOS NA DEFINIÇÃO DE PROCESSOS .....	42
FIGURA 4.5 – MAPA DE PROCESSOS MP 1: PROCESSO COLABORATIVO ENTRE DONO DE OBRA, PROJECTISTA E EMPREITEIRO PARA O MÉTODO DE CONCEPÇÃO-CONCURSO-CONSTRUÇÃO.....	43
FIGURA 4.6 – MAPA DE PROCESSOS MP 2: PROCESSO COLABORATIVO ENTRE DONO DE OBRA E ENTIDADE DE CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO PARA O MÉTODO DE CONCEPÇÃO-CONSTRUÇÃO .....	44
FIGURA 4.7 – MAPA DE PROCESSOS MP 3: PROCESSO COLABORATIVO ENTRE EMPREITEIRO/ECC, SUBEMPREITEIROS E/OU FORNECEDORES E DONO DE OBRA .....	47
FIGURA 5.1 – METODOLOGIA DE TESTES ADAPTADA DE ISO-9646: “OSI <i>CONFORMANCE TESTING METHODOLOGY AND FRAMEWORK</i> ” – ADAPTADO DE ISO (1991) .....	59
FIGURA 5.2 – CORRESPONDÊNCIA ENTRE OS ELEMENTOS UTILIZADOS NA METODOLOGIA BPMN E MAESTRO NA DEFINIÇÃO DA PROVA DE CONCEITO .....	62
FIGURA 5.3 – MODELAÇÃO DO PROCESSO PRIVADO DO DONO DE OBRA NA FERRAMENTA MAESTRO.....	63
FIGURA 5.4 – DEFINIÇÃO DE CONDIÇÃO DO TIPO <i>CHOICE – MERGE</i> NO PROCESSO PRIVADO DO DONO DE OBRA NA FERRAMENTA MAESTRO .....	63
FIGURA 5.5 – <i>BUSINESS PROCESS ANALYSIS</i> – FERRAMENTA MAESTRO .....	64
FIGURA 5.6 – REPRESENTAÇÃO DA VISTA PÚBLICA DO DONO DE OBRA NA FERRAMENTA <i>MAESTRO</i> .....	64
FIGURA 5.7 – DEFINIÇÃO DO PROCESSO COLABORATIVO INTERMÉDIO ( <i>COALITION PROCESS</i> ) NA FERRAMENTA MAESTRO .....	65
FIGURA 5.8 – DEFINIÇÃO DO PROCESSO COLABORATIVO (CBP) ESPECIFICANDO TROCAS DE MENSAGENS E DADOS ATRAVÉS DE SERVIÇOS.....	66
FIGURA 5.9 – MENU DE INÍCIO DO NEHEMIAH .....	67
FIGURA 5.10 – ACESSO A VISTAS PÚBLICAS E PROCESSOS PRIVADOS NO NEHEMIAH - DONO DE OBRA E ENTIDADE DE CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO .....	67
FIGURA 5.11 – LEGENDA DE ESTADO DE ACTIVIDADES NO NEHEMIAH .....	68
FIGURA 5.12 – DEFINIÇÃO DE REQUISITOS DE PROJECTO PELO DONO DE OBRA – 1. PROCESSO COLABORATIVO REPRESENTADO NO MP 2; 2. VISÃO DE PROCESSO PRIVADO E PROCESSO COLABORATIVO NO NEHEMIAH .....	68
FIGURA 5.13 - DEFINIÇÃO DE REQUISITOS DE PROJECTO PELO DONO DE OBRA – 1. PROCESSO COLABORATIVO REPRESENTADO NO MP 2; 2. VISÃO DE PROCESSO PRIVADO E PROCESSO COLABORATIVO NO NEHEMIAH .....	68
FIGURA 5.14 – ENTIDADE DE CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO EFECTUA UM PEDIDO DE ESCLARECIMENTOS AO DONO DE OBRA – 1. PROCESSO COLABORATIVO REPRESENTADO NO MP 2; 2. VISÃO DE PROCESSO COLABORATIVO NO NEHEMIAH .....	69

FIGURA 5.15 – DONO DE OBRA ENVIA ESCLARECIMENTOS À ENTIDADE DE CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO.....	69
FIGURA 5.16 – JANELA DE ESCOLHA DE ESTADO DA ACTIVIDADE – – DONO DE OBRA ANALISA PROPOSTA DE QUANTIDADES DA ENTIDADE DE CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO .....	70
FIGURA 5.17 – DONO DE OBRA EFECTUA ANÁLISE DA PROPOSTA DE MODELO BIM E DE QUANTIDADES DA ENTIDADE DE CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO - <b>1.</b> PROCESSO COLABORATIVO REPRESENTADO NO MP 2; <b>2.</b> VISÃO DE PROCESSO PRIVADO E PROCESSO COLABORATIVO NO NEHEMIAH .....	70
FIGURA 5.18 – DETERMINAÇÃO DA PROPOSTA DE PREÇOS POR PARTE DA ENTIDADE DE CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO - <b>1.</b> PROCESSO COLABORATIVO REPRESENTADO NO MP 2; <b>2.</b> VISÃO DE PROCESSO PRIVADO E PROCESSO COLABORATIVO NO NEHEMIAH.....	71
FIGURA 5.19 – JANELA DE ESCOLHA DE ESTADO DA ACTIVIDADE – DONO DE OBRA ANALISA PROPOSTA DE PREÇOS DA ENTIDADE DE CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO .....	72
FIGURA 5.20 – ANÁLISE DA PROPOSTA DE PREÇOS DA ENTIDADE DE CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO PELO DONO DE OBRA - <b>1.</b> PROCESSO COLABORATIVO REPRESENTADO NO MP 2; <b>2.</b> VISÃO DE PROCESSO PRIVADO E PROCESSO COLABORATIVO NO NEHEMIAH .....	72
FIGURA 5.21 – PROCESSO COLABORATIVO (CBP) CONCLUÍDO NA FERRAMENTA NEHEMIAH.....	72
FIGURA 5.22 – EFEITOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIA BIM NA PRODUTIVIDADE – (AUTODESK, 2007).....	74
FIGURA 6.1 - ARQUÉTIPO PARA COLABORAÇÃO SUPTADA EM INTEROPERABILIDADE ENTRE DUAS EMPRESAS TENDO EM CONTA AS DIMENSÕES DE NEGÓCIO, PROCESSOS, SERVIÇOS E DADOS – ADAPTADO DE ATHENA-IP (2010).....	81
FIGURA 8.1 – LEGENDA DE ELEMENTOS DA LINGUAGEM DE MODELAÇÃO BPMN UTILIZADOS NOS MAPAS DE PROCESSOS, E CORRESPONDÊNCIA ENTRE PROCESSOS PRIVADOS E VISTAS PÚBLICAS. ....	89
FIGURA 8.2 - MAPA DE PROCESSOS MP 4: PROCESSO PRIVADO E VISTA PÚBLICA DOS PROJECTISTAS PARA O MÉTODO DE CONCEPÇÃO-CONCURSO-CONSTRUÇÃO.....	90
FIGURA 8.3 - MAPA DE PROCESSOS MP 5: PROCESSO PRIVADO E VISTA PÚBLICA DO DONO DE OBRA PARA O MÉTODO DE CONCEPÇÃO-CONCURSO-CONSTRUÇÃO.....	90
FIGURA 8.4 - MAPA DE PROCESSOS MP 6: PROCESSO PRIVADO E VISTA PÚBLICA DO DONO DE OBRA PARA O MÉTODO DE CONCEPÇÃO-CONSTRUÇÃO. ....	90
FIGURA 8.5 - MAPA DE PROCESSOS MP 7: PROCESSO PRIVADO 1 E VISTA PÚBLICA 1 DO EMPREITEIRO PARA A COLABORAÇÃO COM DONO DE OBRA. MÉTODO DE CONCEPÇÃO-CONCURSO-CONSTRUÇÃO.....	91
FIGURA 8.6 - MAPA DE PROCESSOS MP 8: PROCESSO PRIVADO 2 E VISTA PÚBLICA 2 DO EMPREITEIRO PARA A COLABORAÇÃO COM SUBEMPREITEIROS E FORNECEDORES. MÉTODO DE CONCEPÇÃO-CONCURSO-CONSTRUÇÃO. ....	91

FIGURA 8.7 - MAPA DE PROCESSOS MP 9: PROCESSO PRIVADO 1 E VISTA PÚBLICA 1 DA ENTIDADE DE CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO. MÉTODO DE CONCEPÇÃO-CONSTRUÇÃO. ....	92
FIGURA 8.8 - MAPA DE PROCESSOS MP 10: PROCESSO PRIVADO 2 E VISTA PÚBLICA 2 DA ENTIDADE DE CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO. MÉTODO DE CONCEPÇÃO-CONSTRUÇÃO. ....	92
FIGURA 8.9 - MAPA DE PROCESSOS MP 11: PROCESSO PRIVADO E VISTA PÚBLICA DOS SUBEMPREENHEIROS. ....	93
FIGURA 8.10 - MAPA DE PROCESSOS MP 12: PROCESSO PRIVADO E VISTA PÚBLICA DOS FORNECEDORES. ....	93



## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de tecnologias de informação na indústria da arquitectura, engenharia e construção (AEC) tem sido apontada como um dos caminhos para reduzir os desperdícios e ineficiências característicos desta indústria. Hoje em dia é habitual recorrer-se ao desenho assistido por computador (CAD) para a documentação dos projectos, à utilização de vários tipos de softwares de cálculo e dimensionamento para as diversas especialidades de projecto, bem como à utilização de software de planeamento e gestão de custos em obra.

A grande vantagem de utilização das tecnologias de informação em qualquer tipo de projecto é a possibilidade de utilização de informação que foi processada com um dado objectivo inicial num contexto diferente. Para tal é necessário que os sistemas de informação envolvidos sejam interoperáveis, permitindo assim o reprocessamento dessa informação (Eastman *et al.*, 2011).

Apesar de a utilização de tecnologias de informação e comunicação na indústria AEC ser comum hoje em dia, a interoperabilidade entre as várias tecnologias ainda não existe em grande parte da indústria, ao contrário do que acontece por exemplo na indústria naval e na indústria automóvel (O'Brien *et al.*, 2008), (Grilo e Jardim-Gonçalves, 2010), (Shen *et al.*, 2010).

A indústria AEC caracteriza-se pela sua estrutura altamente fragmentada (Isikdag e Underwood, 2010), bem como pela especificidade dos seus produtos, já que ao contrário do que sucede nas indústrias de manufactura, na indústria AEC não existem dois produtos iguais (Shen *et al.*, 2010). As dificuldades de integração das várias TIC no sector AEC estão directamente relacionadas com as características únicas desta indústria. A falta de interoperabilidade entre tecnologias de informação, aliada à natureza específica da indústria constituem causas para a dificuldade de integração das várias tecnologias de informação utilizadas pela indústria AEC (Boddy *et al.*, 2007).

A interoperabilidade entre as TIC utilizadas pela indústria, tendo em conta o suporte dos processos operativos e as várias relações entre intervenientes da indústria AEC, tem sido uma das formas consideradas para melhorar a eficiência, produtividade, e qualidade na elaboração de projectos e na construção, diminuindo simultaneamente custos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos (Becerik e Pollalis, 2006), (Mihindu e Arayici, 2009), (Grilo e Jardim-Gonçalves, 2010), (Eastman *et al.*, 2011). Verifica-se que a indústria AEC tem demonstrado dificuldades em tomar partido das potencialidades das tecnologias de informação, recorrendo a abordagens de adaptação de processos às tecnologias, o que não acrescenta valor à sua utilização (Moum *et al.*, 2009), (Aouad e Arayici, 2010). É assim necessária a existência de abordagens integradas que tenham em conta as várias relações entre intervenientes e a troca de documentação estruturada entre estes como requisitos de interoperabilidade entre as várias TIC utilizadas pelo sector (Grilo e Jardim-Gonçalves, 2010).

## 1.1. Motivação

A indústria AEC caracteriza-se pela diversidade de intervenientes que participam nos seus vários processos de negócio ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos. De modo geral, ao longo do ciclo de vida de um empreendimento participam os seguintes intervenientes:

- **Dono de obra:** Promove, gere, financia e efectua a exploração do empreendimento. Pode ainda assumir o papel de Fiscalização acompanhando o desenvolvimento do projecto e verificando se a sua execução corresponde ao que foi planeado.
- **Projectistas:** Entidade de Arquitectos, Engenheiros e técnicos especializados que desenvolvem os vários projectos de especialidade necessários ao licenciamento e construção do empreendimento.
- **Entidades Licenciadoras:** conjunto de entidades públicas e privadas cujo papel é o de verificar a conformidade das propostas face às normas em vigor.
- **Empreiteiro(s):** responsável pela execução física da obra.
- **Gestor do Edifício:** entidade responsável pela gestão e manutenção do edifício.

Os processos de negócio que ocorrem na indústria AEC dependem assim das interacções entre os seus vários intervenientes, que frequentemente pertencem a entidades dispersas. Hoje em dia a comunicação entre os vários intervenientes da indústria AEC é em grande medida suportada por TIC não interoperáveis, constituindo processos altamente dependentes da interpretação da documentação gerada, que não tomam partido das capacidades das tecnologias de informação e da interoperabilidade. Isto resulta frequentemente em erros e omissões na documentação que têm como consequência custos não planeados, atrasos, bem como processos legais entre os vários participantes no projecto (Eastman *et al.*, 2011).

A representação em modelos digitais de toda a informação referente a um projecto AEC ao longo do seu ciclo de vida através de modelos BIM apresenta-se como uma alternativa ao modelo actual de documentação dispersa e desintegrada em papel e em formatos digitais. Um modelo BIM deverá agregar em si toda a informação relativa ao ciclo de vida do empreendimento, evidenciando as várias relações entre a informação disponibilizada de modo a minimizar os erros de interpretação por parte dos intervenientes na indústria AEC (Succar, 2009), (Eastman *et al.*, 2011).

A utilização do BIM em projectos do sector AEC possibilita que a estrutura da informação produzida e as aplicações utilizadas durante as várias actividades nas diferentes fases do ciclo de vida de um projecto estejam de acordo com normas internacionalmente aceites. Para este efeito é necessário recorrer a modelos de dados abertos, como o *Industry Foundation Classes* (IFC), evitando-se ficar condicionado aos softwares proprietários e às suas opções para a troca de informação. Deste modo

será possível a interoperabilidade com entidades geograficamente distribuídas sem restrições do local onde se encontram e sem limitações tecnológicas (Jardim-Gonçalves e Grilo, 2010).

Os benefícios da utilização da metodologia BIM revelam-se especialmente em ambiente de trabalho colaborativo, logo, as formas contratuais que permitem que a colaboração ocorra desde as fases iniciais da concepção de empreendimentos beneficiam com a utilização do BIM. Concretamente, recorrendo a formas contratuais baseadas nos princípios da *Integrated Project Delivery*, é possível que a colaboração ocorra desde a fase de programa preliminar (AIA, 2007), (Halfawy e Froese, 2007). Deste modo, e recorrendo à metodologia BIM, é possível avaliar alternativas de projecto desde as fases iniciais de desenvolvimento, sendo igualmente possível efectuar um controlo faseado aos custos dos empreendimentos (AIA, 2007), (Eastman *et al.*, 2011).

O BIM constitui um suporte tecnológico válido para a indústria AEC, existindo actualmente vários casos em que os benefícios da sua utilização em formas contratuais baseadas nos princípios da *Integrated Project Delivery* em variadas fases do ciclo de vida dos empreendimentos se encontram comprovados (AIA, 2010), (Eastman *et al.*, 2011). Assim, para tomar partido das vantagens da utilização desta metodologia e das várias possibilidades que a interoperabilidade entre tecnologias de informação possibilita, são necessárias alterações ao modo de trabalho e também às valências dos utilizadores, concretamente através da colaboração desde as fases iniciais de projecto (Froese, 2010).

A metodologia BIM apoia-se num paradigma de trabalho colaborativo entre os vários intervenientes da indústria AEC assente em modelos de informação digitais. Para esse efeito é essencial garantir a interoperabilidade entre as várias TIC utilizadas ao longo do ciclo de vida dos projectos, assegurando igualmente o suporte dos processos de negócio da indústria AEC por parte das TIC. Torna-se assim necessário averiguar quais as condições a cumprir para materializar o potencial de benefícios que o BIM pode providenciar à indústria AEC.

## 1.2. Problemática

O BIM constitui de igual modo uma tecnologia e um processo. Do ponto de vista tecnológico, o BIM é fortemente dependente da interoperabilidade - “capacidade de dois ou mais sistemas ou componentes trocarem informação e utilizarem essa mesma informação” (IEEE, 1990) – que possibilita a troca de dados entre as várias aplicações utilizadas ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos. Como um processo, o BIM é suportado pela colaboração entre os vários intervenientes ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos (Wix, 2008), (Froese, 2010).

As várias fases do ciclo construtivo de um empreendimento dependem fortemente da comunicação, partilha de informação e conhecimento, bem como da coordenação entre os vários intervenientes nos projectos, sendo que os benefícios da aplicação das tecnologias de informação são igualmente dependentes da comunicação e colaboração entre os seus utilizadores (Ajam *et al.*, 2010).

A indústria AEC caracteriza-se por relações de natureza competitiva entre os seus intervenientes, e por recorrer a formas de contratação que não assumem a partilha do risco (AIA, 2007), o que resulta na dificuldade em promover práticas colaborativas entre os seus vários intervenientes. O surgimento de novas formas contratuais como a *Integrated Project Delivery* (IPD) vem dar resposta a este problema, no entanto a sua adopção ainda não é generalizada. Uma das principais limitações da metodologia IPD reside na definição dos direitos de propriedade intelectual (AIA, 2007), (Eastman *et al.*, 2011). De forma a promover a colaboração entre os vários intervenientes da indústria AEC há que assegurar a protecção da propriedade intelectual presente nos seus processos internos. Para este efeito é necessário fornecer soluções TIC interoperáveis que tenham em conta a colaboração entre diversas entidades, e que suportem restrições na colaboração de modo a proteger a propriedade intelectual dos vários intervenientes.

Têm sido propostas ao longo da última década várias soluções TIC baseadas na interoperabilidade entre dados com o objectivo de fornecer mecanismos para a colaboração baseada em modelos BIM (Faraj *et al.*, 2000), (Karola *et al.*, 2002), (Petrinja *et al.*, 2007), (Eastman *et al.*, 2011), (Naciri *et al.*, 2011), (Singh *et al.*, 2011). No entanto, a necessidade de integrar os vários intervenientes nos processos da indústria AEC, bem como limitações na organização da informação nos modelos têm constituído limitações na adopção generalizada da metodologia BIM (Howard e Bjork, 2008). De facto, apesar da existência de várias iniciativas com o objectivo de promover a interoperabilidade no sector AEC, estas têm sido focadas exclusivamente ao nível dos sistemas de informação (Isikdag, 2012), ignorando os processos de negócio que devem ser suportados pelas TIC (Taylor e Bernstein, 2009).

De modo a promover o trabalho colaborativo na indústria AEC é necessário estender a definição de interoperabilidade aos aspectos organizacionais e operacionais das relações que são suportadas pelas TIC utilizadas no sector, considerando para esse efeito os processos de negócio internos dos vários intervenientes, bem como as suas relações de colaboração com entidades externas (Grilo e Jardim-Gonçalves, 2010). Assim, o desenvolvimento de soluções TIC para o suporte de processos colaborativos deve ter em conta a interoperabilidade entre modelos de dados utilizados, bem como a interoperabilidade entre os processos de cada entidade que colabora, e entre os serviços que efectuem a ligação entre estas duas dimensões (Chen *et al.*, 2008), (Isikdag, 2012). Através da utilização de TIC interoperáveis ao nível de processos, serviços e dados, e considerando restrições na colaboração de modo a proteger a propriedade intelectual dos intervenientes, será possível suportar a colaboração entre diversas entidades a nível industrial.

Esta abordagem baseia-se na visão de interoperabilidade que esteve na base de vários projectos europeus na área da interoperabilidade, nomeadamente o projecto IDEAS *interoperability framework*. Este projecto foi pioneiro na adopção de uma visão holística da interoperabilidade, focada nos níveis de negócio, conhecimento e TIC, com o objectivo de possibilitar a colaboração a nível industrial (Chen *et al.*, 2008).

Assim, e de acordo com esta visão, a colaboração entre diversas entidades baseada em soluções TIC deve ter em conta questões de interoperabilidade quer a nível empresarial, quer a nível industrial. A aplicação desta visão de interoperabilidade é exemplificada na Figura 1.1, representando-se a colaboração entre duas entidades. Este método pode ser aplicado à colaboração entre duas ou mais entidades.

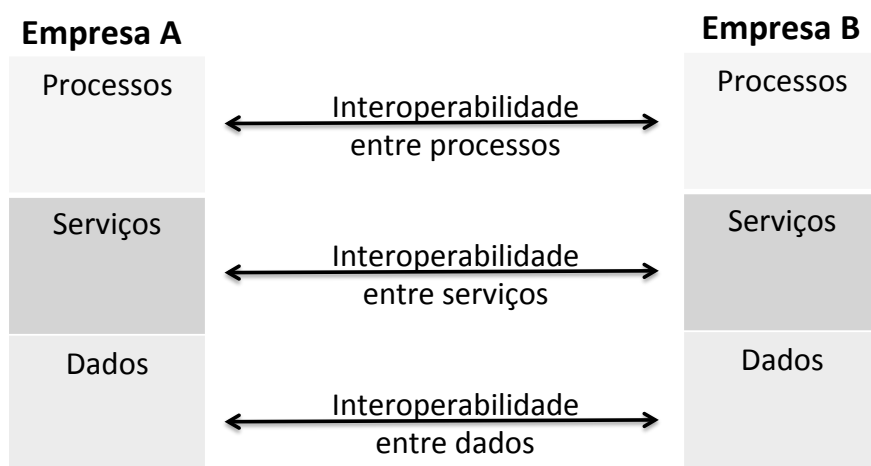


Figura 1.1– Arquétipo para colaboração suportada em interoperabilidade entre duas empresas – adaptado de Chen *et al.* (2008)

O problema ao qual esta dissertação pretende dar resposta é o de averiguar quais os mecanismos necessários para possibilitar a colaboração suportada em interoperabilidade entre os vários intervenientes na indústria AEC e de que forma é que os princípios gerais de referência da interoperabilidade entre processos, serviços e dados podem ser aplicados à colaboração baseada em BIM. O objetivo é garantir que as TIC utilizadas no sector AEC suportam os processos operativos da indústria e que a metodologia BIM pode suportar a colaboração baseada na interoperabilidade entre diversas entidades da indústria.

Deste modo, a questão de investigação que conduz esta dissertação é:

- Como suportar a colaboração baseada em BIM entre as diversas entidades da indústria AEC, recorrendo aos princípios gerais de referência da interoperabilidade entre processos, serviços e dados e tendo em conta a protecção da propriedade intelectual dos intervenientes?

### 1.3. Hipóteses de estudo

De forma a promover o trabalho colaborativo na indústria AEC recorrendo à metodologia BIM é necessário ter em conta a interoperabilidade ao nível de processos, serviços e dados no desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação utilizadas pela indústria.

Assim, o objectivo principal deste estudo é: conceber um método para suportar a colaboração baseada em BIM entre os intervenientes da indústria AEC tendo por base a interoperabilidade aos níveis de processos, serviços e dados.

Para responder a este objectivo são tidas em conta as seguintes hipóteses de estudo:

- A representação e documentação de processos colaborativos entre intervenientes da indústria AEC de entidades diversas deve ser efectuada considerando restrições na colaboração, de modo a proteger a propriedade intelectual dos intervenientes;
- É possível definir serviços para assegurar a representação dos processos colaborativos nos dados que os suportam;
- A colaboração entre intervenientes da indústria AEC pode ser suportada através de dados de produto baseada em BIM.

#### 1.4. Análise geral da metodologia de investigação

A metodologia de investigação adoptada neste estudo consiste em vários passos que são descritos detalhadamente em seguida. Na Figura 1.2 esquematiza-se a metodologia adoptada.

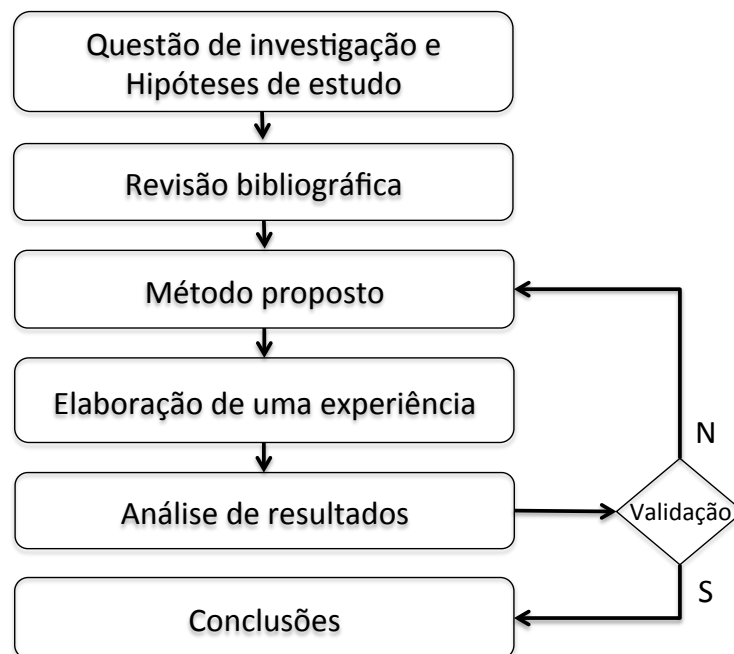


Figura 1.2 – Análise geral da metodologia de investigação

**Definição da questão de investigação e hipóteses de estudo**

Este passo inicial consiste na caracterização do problema em estudo e das suas características através da definição de uma questão de investigação que conduz toda a dissertação, bem como de hipóteses de estudo associadas ao problema abordado.

**Revisão de literatura**

Nesta fase do estudo efectua-se uma revisão da literatura existente sobre o tema em estudo, mais concretamente sobre desenvolvimentos que culminaram na questão de investigação definida. Recorre-se a fontes bibliográficas de referência, nomeadamente artigos de revistas e conferências da especialidade, *websites*, normas ISO, relatórios técnicos e livros.

**Definição da metodologia científica a seguir**

A metodologia científica adoptada neste estudo consiste na proposta de um método baseado em metodologias para processos colaborativos suportados em dados de produto que são revistas e analisadas no Estado do Conhecimento. O método proposto é aplicado num contexto específico do ciclo de vida de empreendimentos com o objectivo de demonstrar a aplicabilidade do método em diferentes contextos de colaboração, e é testado face ao problema definido no início da dissertação e hipóteses de estudo associadas.

**Método proposto**

O método proposto neste estudo constitui uma possível resposta ao problema definido, tendo em conta as hipóteses de estudo. A definição deste método baseia-se na análise efectuada aos elementos revistos na literatura, constituindo a base da solução apresentada para o problema definido.

**Elaboração de uma experiência**

Com o objectivo de avaliar a aplicabilidade do método proposto, este deverá ser aplicado num domínio concreto e posteriormente testado. O método proposto é aplicado num contexto específico do ciclo de vida de empreendimentos: Determinação de quantidades e de custos durante a fase de elaboração de propostas. O objectivo desta aplicação é o de analisar a adequabilidade do método para a representação e suporte de processos colaborativos em diferentes âmbitos de colaboração. Esta aplicação é ainda utilizada como a base para a definição de testes a realizar na validação do método proposto.

**Análise de resultados e conclusões**

Após a realização da experiência é necessário interpretar e analisar os resultados. A análise dos resultados pode colocar em risco as considerações efectuadas na elaboração do método proposto.

Neste caso será necessário reformular o método proposto, tendo em conta o conhecimento obtido até então.

A partir da obtenção de resultados satisfatórios, ou seja, que respondam ao problema definido inicialmente, estabelecem-se conclusões com base nos resultados obtidos na análise. Finalmente propõem-se considerações para estudos futuros.

## 1.5. Estrutura da dissertação

A estrutura da presente dissertação encontra-se dividida da seguinte forma:

**Introdução:** define-se o enquadramento do trabalho, a questão de investigação, as hipóteses de estudo, a metodologia de investigação e a estrutura da dissertação;

**Estado do conhecimento:** é efectuada uma revisão bibliográfica e análise sobre várias metodologias existentes para contribuir para a resolução do problema definido na introdução;

**Método proposto:** é apresentado o método baseado na análise efectuada no Estado do Conhecimento como resposta ao problema definido no início do estudo;

**Aplicação do método proposto:** Aplica-se o método proposto num contexto específico do ciclo de vida de empreendimentos: Determinação de quantidades e de custos durante a fase de elaboração de propostas.

**Análise e discussão de resultados:** Analisam-se os resultados da aplicação do método no contexto referido. Testam-se os resultados obtidos neste domínio e avalia-se de que forma é que os resultados obtidos respondem às hipóteses de estudo definidas;

**Conclusões:** Estabelecem-se as conclusões do estudo com base nos resultados obtidos e referem-se as limitações que surgiram na realização do trabalho. São ainda propostas recomendações para trabalhos futuros;

**Bibliografia:** São mencionadas todas as referências bibliográficas que foram citadas.



## 2. ESTADO DO CONHECIMENTO

Neste capítulo realiza-se uma revisão sobre várias metodologias para processos colaborativos suportados em dados de produto que podem servir como base de resposta ao problema definido no início deste estudo, ou seja, conceber um método para suportar a colaboração baseada em BIM entre os intervenientes da indústria AEC, tendo por base a interoperabilidade aos níveis de processos, serviços e dados para possibilitar a colaboração entre entidades a nível industrial.

A necessidade de trocar dados entre aplicações diversas para suportar os processos colaborativos da indústria AEC surgiu inicialmente com o aparecimento das primeiras aplicações CAD. Neste contexto surgiu a metodologia *Standard for the Exchange of Product Model Data* (STEP) com o objectivo de fornecer mecanismos para a descrição de dados de produto ao longo do ciclo de vida do produto, independentemente do sistema utilizado (SCRA, 2006). O STEP é uma metodologia de âmbito industrial que aplicada à indústria AEC resultou na definição dos modelos de dados *Industry Foundation Classes* (IFC) e *CimSteel Integration Standard, Version 2* (CIS/2), entre outros (Eastman *et al.*, 2011).

No âmbito da indústria AEC a revisão de literatura revelou as metodologias *Georgia Tech Process to Product Modeling* (GTPPM) e *Information Delivery Manual* (IDM).

A metodologia GTPPM surge como uma adaptação da metodologia STEP à realidade da indústria AEC introduzindo melhoramentos no fluxo de desenvolvimento dos modelos de dados (Lee *et al.*, 2007a).

A metodologia IDM surge a partir da necessidade de documentar os vários processos que ocorrem na indústria AEC, descrevendo as várias trocas de informação que ocorrem entre os vários intervenientes nesses processos (IAI, 2010). O seu objectivo principal é o de descrever e efectuar a ligação entre os processos operativos da indústria AEC e os dados que os suportam.

Com o objectivo de complementar as capacidades disponibilizadas pelas metodologias STEP, GTPPM e IDM, torna-se necessário abordar as questões de interoperabilidade de um ponto de vista mais abrangente.

O projecto europeu IDEAS *interoperability framework*, desenvolvido no âmbito da FP5, foi o primeiro projecto a considerar as questões de interoperabilidade a nível empresarial e industrial. Este projecto constituiu o *roadmap* a partir do qual foi desenvolvido o projecto ATHENA *Integrated Project* no âmbito da FP6 (Chen *et al.*, 2008). As questões de interoperabilidade abordadas no projecto IDEAS foram investigadas de um ponto de vista tecnológico no projecto ATHENA IP, resultando no que é hoje em dia o projecto de referência na área da interoperabilidade de sistemas.

Por estas razões apresenta-se a metodologia *Cross-Organizational Business Processes* (CBP), um dos resultados do projecto ATHENA IP, que fornece um método para o suporte de processos colaborativos, tendo em conta restrições na colaboração para proteger a propriedade intelectual dos inter-

venientes em processos colaborativos. Esta metodologia baseia-se no conceito de interoperabilidade aos níveis de processos, serviços e dados para possibilitar a colaboração entre entidades a nível empresarial e industrial (ATHENA-IP, 2010).

Assim, ao longo deste capítulo será efectuada uma revisão das metodologias referidas anteriormente que são apresentadas por ordem cronológica:

- ISO 10303 – *Standard for the Exchange of Product Model Data* (STEP),
- *Georgia Tech Process to Product Modeling* (GTPPM),
- ISO 29481-1:2010 - *Information Delivery Manual* (IDM),
- *Cross-Organizational Business Processes* (CBP).

Ao longo da secção 2.1 apresentam-se detalhadamente as metodologias supracitadas, sendo efectuada uma análise individual de cada metodologia face às hipóteses de estudo consideradas no início da dissertação. Na secção 2.2 apresenta-se uma síntese das metodologias analisadas. Na secção 2.3 é efectuada uma análise crítica às alternativas apresentadas face ao problema definido no início da dissertação, clarificando-se qual o avanço sobre o estado do conhecimento que este estudo efectuará. Esta análise serve como ponto de partida para a proposta do método elaborado para responder aos objectivos deste estudo.

## **2.1. Metodologias para processos colaborativos suportados em dados de produto**

### **2.1.1. *Standard for the Exchange of Product Model Data* (STEP)**

O STEP - norma ISO 10303 - é um standard para a representação e troca de informação interpretável por computador sobre a manufatura de produtos através da representação de objectos tridimensionais. O STEP fornece mecanismos para descrever dados de produto ao longo do ciclo de vida do produto, independente do sistema, mostrando-se apropriado para a troca de ficheiros e como base para a implementação, partilha e arquivo em bases de dados (SCRA, 2006).

O objectivo do STEP é o de definir os modelos de dados necessários a um dado propósito, garantindo que o modelo de dados possa ser trocado com outras aplicações (Eastman, 1999).

O STEP pode ser utilizado para trocar dados entre aplicações CAD, CAM, CAE, PDM/EDM entre outros sistemas, suportando dados de várias indústrias: automóvel, aeroespacial, construção, naval, entre outras. Hoje em dia vários modelos de dados utilizados na indústria AEC são baseados no STEP sendo de realçar os modelos IFC e CIS/2 (Eastman *et al.*, 2011).

De modo a possibilitar a interoperabilidade entre vários *Application Protocols* (APs) foi introduzida uma arquitectura modular para o STEP com o objectivo de harmonizar os requisitos de informação comuns. Assim, os requisitos dos vários módulos são inicialmente harmonizados entre os vá-

rios domínios, sendo os mapeamentos resultantes estandardizados em *Application Modules* (AMs). Os AMs podem ser reutilizados por outros AMs e também pelos APs (Feeney, 2002).

As linguagens EXPRESS e EXPRESS-G foram criadas no âmbito da metodologia STEP com o objectivo de permitir a estruturação desmaterializada de modelos, de modo a permitir a incorporação sucessiva de novos elementos e especificações, fornecendo o suporte da modularização (Eastman, 1999).

A arquitectura modular STEP pode ser dividida nos seguintes componentes (Feeney, 2002):

- *Application Module* (AM) – Especificação de dados reutilizável constituída pelo ARM, mapeamento, esquema interpretado e guia de utilização;
- *Application Protocol* (AP) – Utilização de uma especificação de dados com o objectivo de responder aos requisitos dos processos de negócio.

A arquitectura modular STEP prevê assim a utilização de AMs para fornecer documentação de requisitos, actuando como uma especificação para a definição dos APs.

#### 2.1.1.1 Metodologia

A metodologia STEP inicia-se com a definição de requisitos, definindo-se assim os vários processos a serem suportados através do desenvolvimento de um modelo dos processos do universo de interacção, que corresponde ao *Applications Activity Model* (AAM). Para a descrição dos vários processos é utilizada a linguagem de modelação IDEF0. Posteriormente o AAM é utilizado na definição de um *Application Reference* (ou *Requirement*) *Model* (ARM) que é definido através de linguagens de modelação de informação, incluindo NIAM, IDEF1x, EXPRESS e EXPRESS-G. O ARM constitui especificação detalhada das várias entidades e atributos dos objectos e das relações entre eles que são necessárias para suportar as actividades dentro do contexto da aplicação (Feeney, 2002). O ARM é integrado com conceitos de informação comuns, os *Integrated Resources* (IRs) e com as relações com APs externas constituindo um modelo integrado denominado *Application Integrated Model* (AIM) (Eastman, 1999) (Lee *et al.*, 2007a). A metodologia STEP inclui ainda uma especificação para a realização de testes de conformidade com o objectivo de detectar problemas de interoperabilidade no desenvolvimento dos modelos de dados (ISO 10303 *part 30 - Conformance testing methodology and framework*) (Lipman *et al.*, 2011). Na Figura 2.1 ilustram-se as relações entre os vários componentes da metodologia STEP.

A aplicação da metodologia STEP na indústria AEC resultou em vários APs e modelos de dados com funcionalidades específicas para esta indústria. Os vários standards actualmente existentes na indústria AEC definidos com base no STEP apresentam-se no Quadro 2.1.

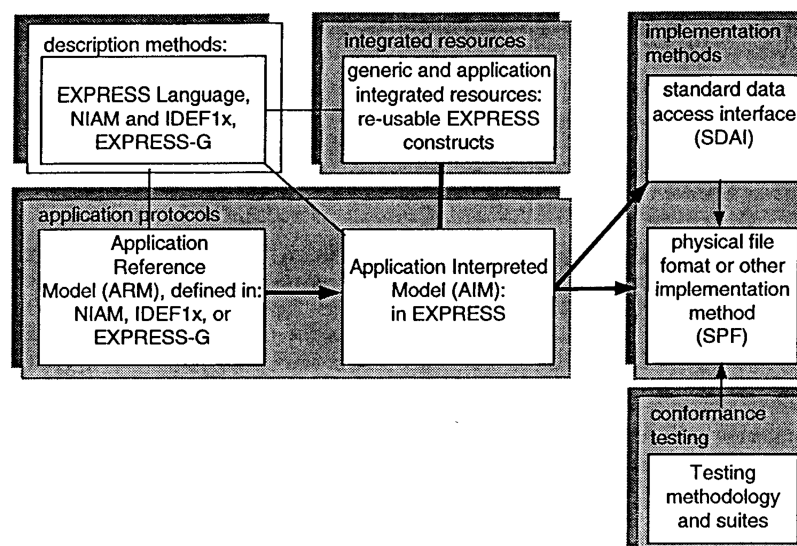


Figura 2.1 – Arquitectura STEP - (Eastman, 1999)

Quadro 2.1 – Aplicações baseadas no STEP na indústria AEC – adaptado de Eastman *et al.* (2011)

Standard	Descrição
AP 225 – <i>Building Elements Using Explicit Shape Representation</i>	Modelo de dados para a representação da geometria de edificações que suporta trocas de informação relativas à geometria de edifícios.
IFC – <i>Industry Foundation Classes</i>	Modelo de dados desenvolvido pela indústria com o objectivo de descrever toda a informação associada a um edifício ao longo do seu ciclo de vida e de permitir trocas entre esta gama de informação. Actualmente é suportado por grande parte das aplicações informáticas na indústria AEC.
CIS/2 – <i>CimSteel Integration Standard, Version 2</i>	Standard desenvolvido pela indústria para projecto, análise e dimensionamento, e fabricação de estruturas metálicas suportado pela <i>American Institute of Steel Construction</i> e pela <i>Construction Steel Institute</i> no Reino Unido. É largamente utilizado pela indústria norte-americana de engenharia e fabricação de aço estrutural.
AP 241 – <i>Generic Model for Life Cycle Support of AEC Facilities</i>	Esta AP foca-se em instalações industriais, sendo o seu objectivo desenvolver um modelo de dados para este tipo de instalações e os seus vários componentes num formato compatível com o ISO STEP.
ISO 15926 - <i>Industrial automation systems and integration— Integration of life-cycle data for process plants including oil and gas production facilities</i>	Standard STEP para a integração de sistemas de automação industriais.

### 2.1.1.2 Análise

O STEP constitui uma metodologia para o desenvolvimento de modelos de dados de produto que abrange a captura de requisitos, a definição dos vários processos de negócio que devem ser suportados pelos modelos de dados e efectua a ligação entre estes de modo a que os modelos de dados tenham em conta os vários requisitos definidos. A metodologia STEP permite a partilha dos modelos desenvolvidos entre aplicações porque a interoperabilidade entre as várias aplicações utilizadas é assegurada através da definição do formato de partilha através de um esquema (e.g. IFC) (Cerovsek, 2011). O STEP prevê ainda uma metodologia para verificar a conformidade dos modelos de dados face aos requisitos definidos.

Na dimensão de processos o STEP recorre a linguagens de modelação de informação, incluindo NIAM, IDEF1x, EXPRESS e EXPRESS-G para a definição do AAM.

Com a introdução da modularização do STEP passou a ser possível a reutilização de requisitos de informação comuns. No entanto, o mapeamento efectuado entre requisitos e dados continua a depender da interpretação. Ao nível de serviços, a ligação entre o AAM e o ARM é efectuada de forma manual, dependendo de revisões por especialistas, não existindo um método rigoroso para determinar se os conteúdos do ARM correspondem às especificações definidas no AAM (Lee *et al.*, 2007a). Deste modo, não é possível criar serviços reutilizáveis que poderiam acelerar o desenvolvimento de APs através da minimização da repetição de trabalho. A ligação entre o ARM e AIM (serviços e dados) é realizada através de um mapeamento que depende igualmente da intervenção humana.

Apesar da existência de uma metodologia para a verificação da conformidade de aplicações face aos requisitos definidos, esta não é suficiente para garantir a interoperabilidade entre aplicações que passem estes testes de conformidade (Lipman *et al.*, 2011). Estes factos, juntamente com o facto de o STEP utilizar tecnologias bastante complexas e largamente desconhecidas no sector AEC, nomeadamente nas dimensões de processos, serviços e dados, tem levado à adopção de outros esquemas por parte da indústria AEC baseados em XML (e.g. IFCXML, representação em XML do standard IFC) (Halfawy, 2010), (Eastman *et al.*, 2011). Outra das limitações verificadas nesta metodologia é o facto de os vários passos da metodologia dependerem de ciclos de revisão por especialistas, o que resulta num processo de desenvolvimento e aprovação de APs bastante moroso (Lee *et al.*, 2011).

Apesar das limitações existentes na metodologia STEP, a aplicação desta metodologia esteve na base do desenvolvimento de modelos de dados de produto interoperáveis a nível industrial. A aplicação desta metodologia resultou em vários modelos de dados na indústria de manufactura, e em aplicações concretas na indústria AEC, como já mencionado no Quadro 2.1, justificando-se assim a sua inclusão neste estudo.

### 2.1.2. *Georgia Tech Process to Product Modeling (GTPPM)*

A metodologia *Georgia Tech Process to Product Modeling (GTPPM)* foi proposta com o objectivo de efectuar a ligação entre processos e modelos de dados na indústria AEC. Esta metodologia tem o objectivo de colmatar as falhas existentes entre a modelação de processos e de produtos através da metodologia STEP - norma ISO 10303, nomeadamente no que diz respeito aos processos de aprovação e aceitação dos vários APs (Lee *et al.*, 2007a).

O GTPPM segue os mesmos passos gerais da metodologia STEP. Inicia-se pela captura de requisitos e definição dos vários processos que deverão ser suportados pelos modelos de dados, terminando com a implementação desses mesmos modelos de dados. Para tal são fornecidos mecanismos para a definição e reutilização dos requisitos definidos ao longo das várias fases da metodologia: *Requirements Collection and Modeling (RCM)*, *Logical Product Modeling (LPM)* e *Application Integrated Model (AIM)* (Lee *et al.*, 2007b).

Além de possibilitar a automatização na captura de informação para criar novos modelos de dados de produto, a metodologia GTPPM pode ser utilizada na extensão de modelos de dados de produto existentes, podendo igualmente ser utilizada na captura sistematizada de requisitos para a definição de IDMs (Lee *et al.*, 2007b).

#### 2.1.2.1 Metodologia

A metodologia GTPPM inicia-se pela captura de requisitos das várias partes interessadas. Para este efeito é proposta uma linguagem para a captura de requisitos própria - *Requirements Collection and Modelling (RCM)* - com o objectivo de capturar os fluxos de informação entre as diferentes actividades definidas na fase de colecção e modelação de requisitos. O objectivo é que estas regras venham a fornecer a base para definir a estrutura do modelo de dados através da informação especificada nos vários processos definidos (Lee *et al.*, 2007a).

O RCM utiliza uma linguagem de modelação própria que apresenta capacidades para a validação de modelos de dados e dos seus fluxos de informação através de métodos de validação semântica e sintáctica (Lee *et al.*, 2007b). A utilização do RCM constitui uma forma de contrariar a natureza informal que caracteriza a captura de requisitos e definição de processos na indústria, resultando em modelos de dados demasiado gerais, através da formalização na definição e reutilização de requisitos de informação ao longo da fase de definição de processos (Lee *et al.*, 2007a).

O RCM permite a especificação dos requisitos de informação de duas formas: utilizando uma terminologia não técnica – *vernacular information items (VIIs)* e utilizando uma terminologia técnica - *information constructs (ICs)*. É assim possível definir os vários requisitos através da terminologia

adoptada por cada empresa nos seus processos através dos VIIs, sendo estes termos depois mapeados aos ICs de forma a possibilitar a automação dos processos definidos (Lee *et al.*, 2007b).

Os vários ICs recolhidos ao longo da fase de definição de requisitos são analisados, integrados e convertidos em modelos de produto na fase *Logical Product Modeling* (LPM). O LPM consiste num processo automatizado que permite obter um modelo de dados de produto através dos vários ICs definidos previamente e processa-se em duas fases (Lee *et al.*, 2007b):

- Extração e integração dos ICs capturados nos vários modelos RCM definidos
- Normalização dos vários ICs coleccionados num modelo de dados de produto formal

O processo LPM prevê a resolução de conflitos que podem advir da definição dos vários ICs através da definição de vários *Design Patterns* (Lee *et al.*, 2007c) integrando-os num modelo de dados de produto único - AIM. A Figura 2.2 ilustra a comparação entre a metodologia de modelação recorrendo ao STEP e ao GTPPM evidenciando as diferenças que ocorrem na fase de definição de requisitos e definição do ARM.

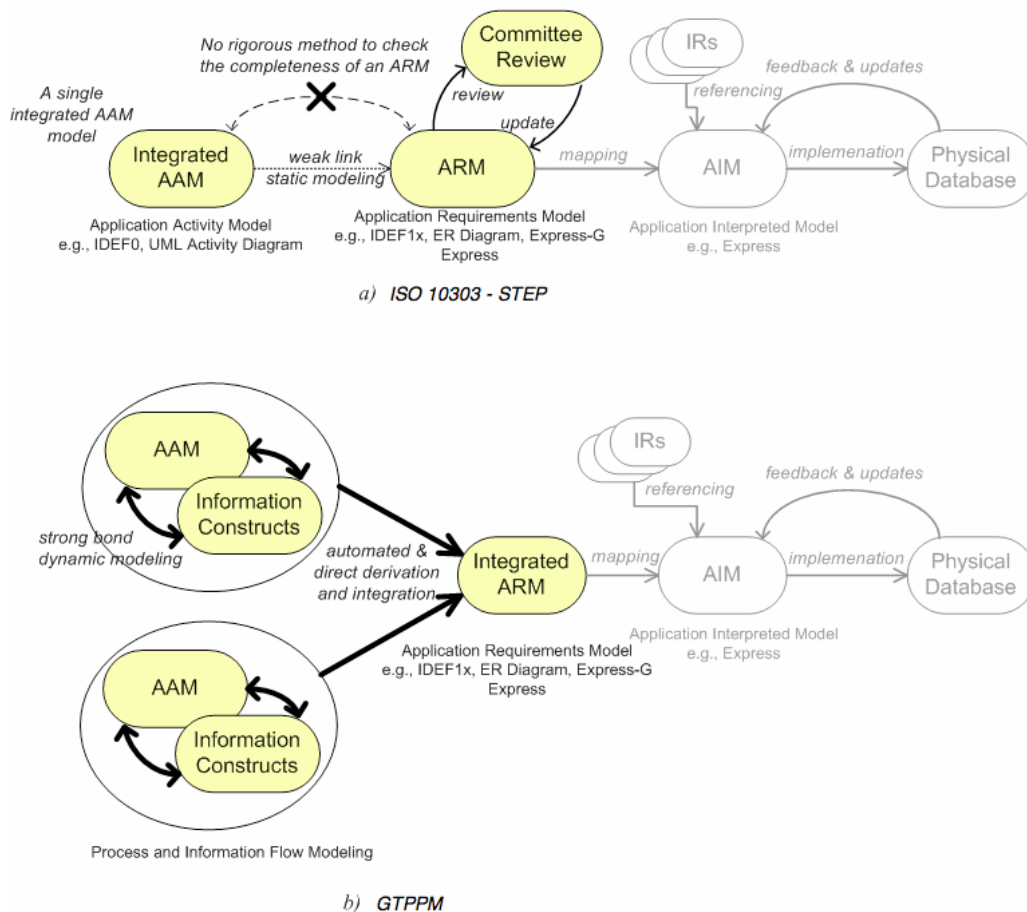


Figura 2.2 – Comparação entre a modelação efectuada através de a) STEP e b) GTPPM – (Lee, 2006)

### 2.1.2.2 Análise

O GTPPM apresenta-se como uma metodologia de modelação de dados de produto para a indústria AEC. Esta metodologia aborda todos os passos de modelação de dados de produto, desde a captura de requisitos até à obtenção dos modelos de dados. Uma das vantagens desta metodologia é o facto de ter sido desenvolvida com o propósito de ser aplicada especificamente na indústria AEC, contrariamente à metodologia STEP que é de âmbito industrial geral.

Na dimensão de processos, ao contrário das outras metodologias abordadas, o GTPPM recorre a uma linguagem de modelação própria, que não é um standard – RCM – o que constitui uma limitação da metodologia. Como resposta a esta limitação, e com o objectivo de suportar o desenvolvimento de IDMs baseados no GTPPM, foi recentemente proposta a metodologia XPPM (Lee *et al.*, 2011), que utiliza os princípios da metodologia GTPPM, recorrendo ao standard BPMN para a representação de processos. Para possibilitar esta adaptação, foi igualmente necessário adaptar a estrutura de dados do GTPPM ao desenvolvimento de *Model Views* dos IFCs (Lee *et al.*, 2011).

A metodologia GTPPM apresenta vantagens em relação ao STEP na dimensão de serviços. O GTPPM propõe um ARM integrado, permitindo assim a sua obtenção a partir dos AAM definidos de forma automatizada. Deste modo é possível garantir que os modelos de dados obtidos correspondem aos requisitos definidos inicialmente. O facto de o ARM ser integrado possibilita a diminuição da intervenção humana neste processo, que se deverá focar na definição do AAM e ICs, tornando o processo de desenvolvimento mais rápido. Este facto possibilita igualmente a reutilização dos serviços definidos recorrendo à definição de *Design Patterns* (Lee *et al.*, 2007c), minimizando assim a repetição de trabalho, e acelerando consequentemente o desenvolvimento de APs.

Na dimensão de processos, a metodologia GTPPM recorre às definições do STEP, não apresentando alterações ao que o STEP define.

A metodologia GTPPM teve um papel importante na integração do conhecimento de projectistas (arquitectos e engenheiros) em software de produção baseado em BIM através da captura dos fluxos de informação e requisitos funcionais necessários, entre outros requisitos (Lee *et al.*, 2006).

A metodologia foi ainda aplicada ao domínio de estruturas de betão pré-fabricado através de um caso de estudo onde se verificou que o desenvolvimento de modelos apoiado nesta metodologia possibilita o controlo da implementação de procedimentos empresariais nos modelos de dados definidos (Lee *et al.*, 2007b). A inclusão do GTPPM neste estudo justifica-se pelo facto de ser uma metodologia de modelação de dados de produto para a indústria AEC e pelo facto de apresentar mecanismos para a reutilização de serviços definidos, o que resulta numa maior eficiência no desenvolvimento de APs interoperáveis.



### 2.1.3. *Information Delivery Manual (IDM)*

O *Information Delivery Manual (IDM)* apresenta-se como uma metodologia aberta na indústria AEC para documentar os vários processos da indústria e descrever as várias trocas de informação que ocorrem entre os vários intervenientes nesses processos. Os seus resultados podem ser utilizados como guias de procedimentos para os intervenientes que participam nos processos definidos (Berard e Karlshoej, 2012), bem como para a elaboração de especificações de software (IAI, 2012).

O objectivo do IDM é o de especificar a informação exacta a ser trocada nos vários processos da indústria AEC e de que modo essa informação se relaciona com os modelos de dados. Apesar do IDM ter sido inicialmente pensado para ser utilizado com o modelo de dados IFC, a metodologia proposta pode ser adaptada a outros modelos de dados abertos (IAI, 2010), ou ser utilizada sem estar ligada a modelos de dados (Berard e Karlshoej, 2012).

Através da definição de IDMs pretende melhorar-se a representação tecnológica dos vários processos na indústria AEC garantindo que as TIC utilizadas reflectem de modo preciso os vários processos existentes na indústria. Para tal, o IDM fornece aos utilizadores uma descrição clara dos vários processos do ciclo de vida da construção bem como os vários requisitos de informação requeridos para a realização destes processos. Do mesmo modo, são fornecidas ferramentas para os programadores de software BIM que permitem a identificação de processos e funcionalidades do modelo de dados IFC que necessitam de ser suportadas em cada fase do processo (IAI, 2010).

De forma a possibilitar trocas de informação entre dois ou mais actores suportadas pela interoperabilidade de sistemas, é necessário ter em conta os seguintes factores (IAI, 2012):

- O formato que suporta as trocas de informação;
- A especificação de qual a informação a ser trocada e quando essa troca deverá ocorrer;
- O entendimento comum de qual a informação trocada.

Na Figura 2.3 ilustra-se a relação do IDM com o sector AEC e com o sector TIC, evidenciando as relações com os especialistas do domínio, com os utilizadores da indústria AEC, e com os técnicos que desenvolvem as TIC.

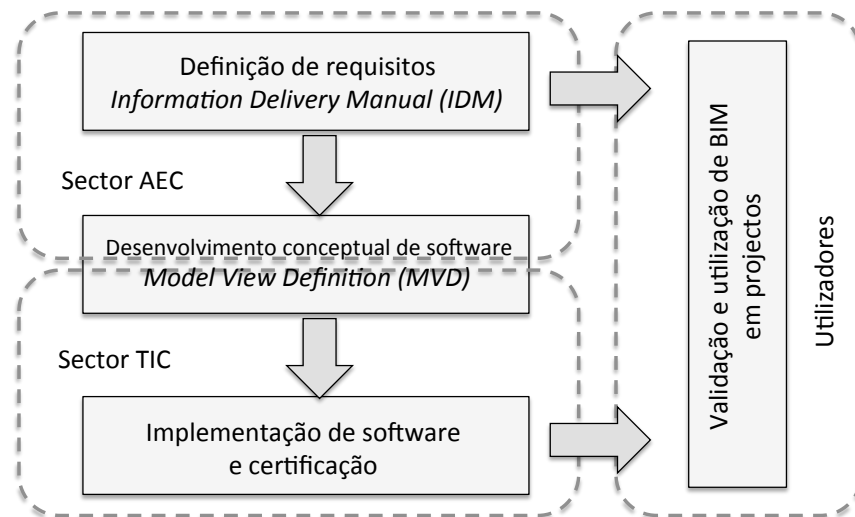


Figura 2.3 – Relação da metodologia IDM com o sector AEC e o sector TIC – adaptado de IAI (2012)

### 2.1.3.1 Metodologia

O IDM é constituído pelos seguintes componentes: Mapas de processos, Requisitos de troca, Partes funcionais.

O elemento base do IDM é a Parte Funcional, sendo os restantes componentes desenvolvidos a partir das especificações definidas nas partes funcionais. As partes funcionais podem ser combinadas e constituir requisitos de troca. Os requisitos de troca constituem a dimensão de serviços e efectuem a ligação entre processos e dados, tornando os dados dos modelos BIM perceptíveis aos vários utilizadores. Os mapas de processos efectuem a ligação entre os vários requisitos de troca e as necessidades específicas dos utilizadores (IAI, 2010).

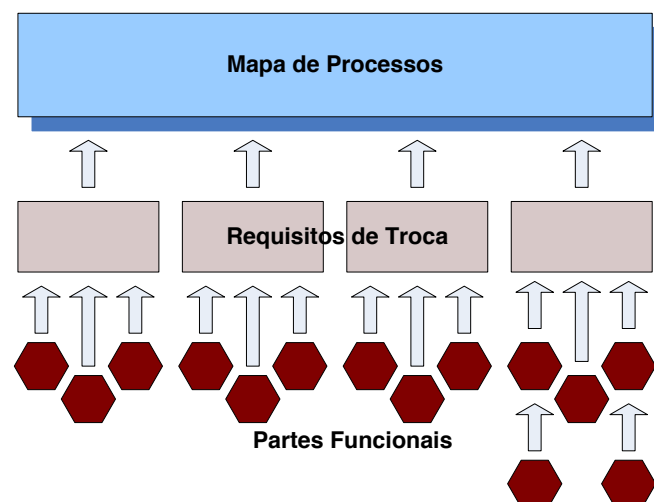


Figura 2.4 – Estrutura base do IDM – adaptado de IAI (2010)

A estrutura da metodologia IDM pode ser representada de acordo com a Figura 2.4 sendo constituída pelos seguintes componentes (IAI, 2010):

- Mapa de Processos: descreve o fluxo de actividades para um determinado processo e permite a compreensão das actividades que permitem o seu funcionamento, os intervenientes envolvidos, bem como toda a informação associada;
- Requisitos de Troca: Representam o conjunto de informação que necessita de ser trocada para suportar um determinado requisito numa determinada fase de projecto. São constituídos por uma descrição técnica e uma descrição não-técnica para possibilitar a sua utilização pelos programadores de soluções informáticas bem como pelos utilizadores da indústria AEC;
- Partes Funcionais: unidades de informação utilizadas pelos programadores de aplicações para suportar um Requisito de Troca, representando acções individuais que ocorrem ao longo de um processo de negócio;

A metodologia IDM divide-se essencialmente em duas fases: a definição de processos e a implementação desses processos. Após a definição do IDM, este pode ser utilizado para criar aplicações BIM que suportem os processos de negócio e trocas de informação definidas, podendo igualmente ser utilizado como uma ferramenta de controlo dos processos definidos por parte dos intervenientes, tanto em projecto como em obra (Berard e Karlshoej, 2012).

### **2.1.3.2 Análise**

O IDM tem como propósito capturar os conhecimentos e boas práticas em relação aos fluxos de trabalho na indústria e os seus conteúdos (Eastman *et al.*, 2010). Para efectuar a documentação de processos, o IDM recomenda o standard do *Object Management Group* (OMG) BPMN, no entanto pode ser utilizada qualquer linguagem de modelação para documentar os processos colaborativos. A escolha da linguagem de modelação dependerá dos objectivos de utilização do IDM. Se o objectivo for suportar os processos definidos através de dados, a utilização de linguagens de modelação de processos como o BPMN constitui uma mais valia para os técnicos que implementam as soluções TIC já que os processos definidos podem ser convertidos para a linguagem de execução BPEL, garantindo deste modo a sua representação nas soluções TIC (IAI, 2010). A definição clara dos processos colaborativos através do IDM constitui deste modo uma vantagem em relação às metodologias anteriormente referidas (STEP e GTPPM), tanto para os utilizadores da indústria AEC, como para os técnicos que implementam as soluções TIC.

Na dimensão de serviços a metodologia IDM recorre aos requisitos de troca, os quais são documentados de forma descritiva entre os vários intervenientes da indústria. A natureza descritiva dos requisitos de troca impossibilita que a ligação entre processos e dados seja automatizada, e obriga à alteração manual dos vários processos quando algum requisito é alterado. Por outro lado, este facto permite uma melhor compreensão destes requisitos por parte dos intervenientes da indústria AEC bem como pelos técnicos que implementam as TIC. Com o objectivo de complementar a definição dos requisitos de troca, foram propostas as definições de *Exchange Models* e *Exchange Objects* por (Eastman *et al.*, 2010) que definem detalhadamente as características que um modelo BIM deve possuir para constituir um requisito de troca.

Na dimensão de dados o IDM recorre à definição de Partes Funcionais que constituem o suporte técnico para os requisitos de troca definidos, efectuando a ligação com o modelo de dados IFC. A metodologia IDM complementa assim a utilização dos modelos de dados que suportam o BIM, integrando a informação com os processos operativos da indústria.

A realização de IDMs pode fornecer uma referência dos vários processos existentes na indústria AEC que podem ser posteriormente integrados em aplicações baseadas em BIM (IAI, 2010), e pode igualmente ser utilizada para a documentação de processos actuando como guias de procedimentos para os intervenientes da indústria AEC (Berard e Karlshoej, 2012). Em relação à implementação de soluções BIM tendo por base especificações definidas em IDMs, a metodologia apresenta limitações pelo facto de se limitar ao standard IFC e não permitir a eliminação de estruturas de dados redundantes (Cerovsek, 2011) o que se traduz em perdas de eficiência na fase de implementação. A natureza exhaustiva e demasiado detalhada de IDMs existentes também constitui uma limitação tanto na aplicação pelos intervenientes nos processos, como na criação de modelos de dados (Berard e Karlshoej, 2012).

Apesar das suas várias limitações, o IDM é a única metodologia encontrada na bibliografia que constitui um método para a organização de processos na indústria AEC, podendo os seus resultados ser utilizados tanto pelos intervenientes da indústria, com o objectivo de sistematizar e melhorar processos existentes, como pelos técnicos TIC através do suporte aos processos definidos nas TIC utilizadas pela indústria AEC.

#### 2.1.4. *Cross-Organizational Business Processes (CBP)*

A metodologia *Cross-Organizational Business Processes (CBP)*, desenvolvida no âmbito do projecto *ATHENA Interoperability Framework (AIF)*, surge a partir da necessidade de representar e executar a colaboração entre diferentes entidades, apresentando-se como uma metodologia para a organização de processos de negócio colaborativos. Para este efeito é necessário garantir que as diferentes perspectivas e necessidades dos vários tipos de utilizadores e dos modeladores dos processos de negócio se encontram asseguradas. Por outro lado é necessário garantir a protecção de dados sensíveis das várias entidades que colaboram (ATHENA-IP, 2010).

Para que a implementação de processos organizacionais colaborativos seja bem sucedida é necessário que exista um entendimento comum entre as várias partes interessadas sobre quais são os processos comuns às várias entidades que colaboram. É ainda necessário assegurar uma abordagem estruturada para efectuar a ligação dos vários processos internos das entidades ao CBP através da definição de um processo colaborativo comum (Greiner *et al.*, 2007).

##### 2.1.4.1 Metodologia

A metodologia CBP apresenta um método para modelar processos colaborativos sem ter que revelar os dados internos das entidades que colaboram, prevendo três tipos de processos que variam no seu grau de abstracção e de partilha de informação (Namiri e Stojanovic, 2006), (Greiner *et al.*, 2007):

- Processos Privados (PP): Representam os processos de negócio internos de cada entidade que são utilizados a nível interno na empresa, sendo constituídos por tarefas e dependências privadas;
- Vista Pública (VP): Combinam um ou mais processos privados a um nível de abstracção que permite que as entidades participantes possam ocultar informações sensíveis a parceiros não autorizados. Servem de base à definição do processo colaborativo (CBP);
- Processo Colaborativo (CBP): O CBP define as interacções entre duas ou mais entidades através da combinação das suas Vistas Públicas.

A utilização de várias vistas nos processos de negócio tem o objectivo de fornecer um interface orientado aos processos entre os vários parceiros de negócio. As várias vistas dos processos constituem uma abstracção dos processos internos das várias entidades colaboradoras em que apenas é exposta a informação necessária para efectuar o processo de colaboração entre as entidades (Greiner *et al.*, 2007).

Na Figura 2.5 apresentam-se as relações entre três organizações definidas de acordo com a metodologia CBP.

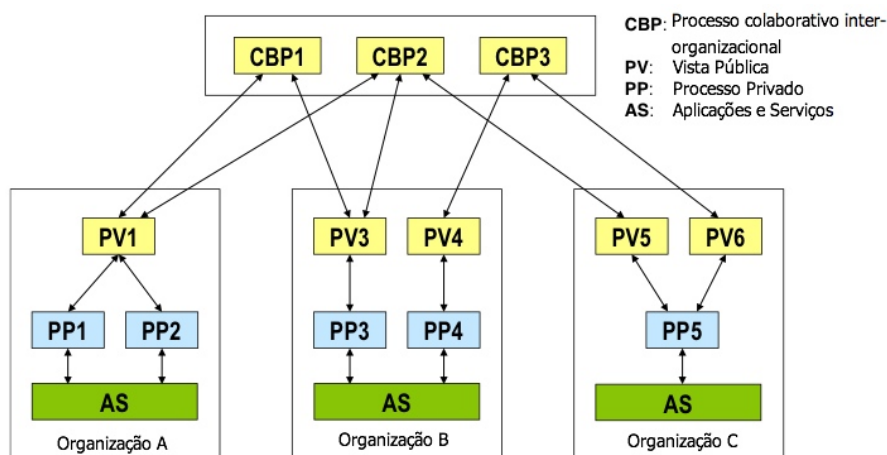


Figura 2.5 – Aplicação da metodologia CBP na colaboração entre várias entidades – adaptado de Costa (2007) *apud* Athena D1 (2007)

Na Figura 2.5 ilustra-se o processo de colaboração entre três entidades recorrendo à metodologia CBP, bem como a correspondência entre os vários tipos de processos contemplados: Processos colaborativos, vistas públicas e processos privados. Como é possível verificar no caso da organização A, vários processos privados podem ser combinados numa vista pública. Por outro lado, o mesmo processo privado pode originar vistas públicas diferentes, para diferentes contextos de colaboração. Este é o caso da organização C, na qual os seus processos públicos constituem vistas diferentes do mesmo processo privado, consoante a colaboração seja efectuada com a organização A ou com a organização B (Costa, 2007).

Na Figura 2.6 ilustra-se a *framework* de modelação CBP que relaciona os vários tipos de processos definidos com os vários níveis de execução da metodologia.

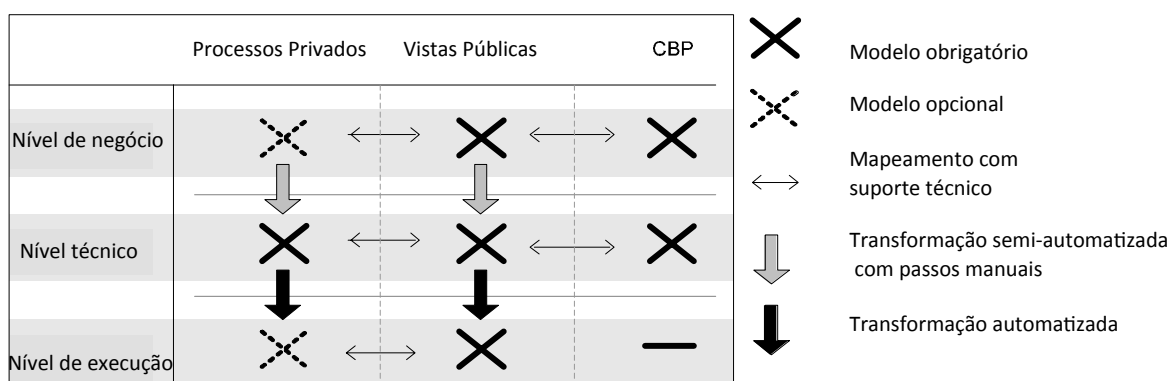


Figura 2.6 – *Framework* de modelação CBP – adaptado de Greiner *et al.* (2007)

A *framework* de modelação CBP – ilustrada na Figura 2.6 - lida com os requisitos das várias partes interessadas nos processos de negócio, separando-os em vários níveis de modelação (Greiner *et al.*, 2007), (Rajsiri *et al.*, 2010):

- Nível de negócio: Representação dos processos de negócio entre os vários intervenientes.
- Nível técnico: Representação detalhada dos vários processos de negócio colaborativos através da representação do fluxo de controlo dos processos independente da plataforma. As trocas de mensagens entre tarefas são modeladas e podem ser analisadas sendo desta forma suportada a reutilização dos modelos que podem ser transferidos para diversas plataformas de execução.
- Nível de execução: Neste nível são modelados os processos de negócio colaborativos numa linguagem de modelação específica. Os processos de negócio definidos são entendidos com a informação necessária para a integração numa plataforma específica.

#### 2.1.4.2 Análise

A metodologia CBP mostra-se adequada para a colaboração entre entidades distintas na indústria AEC fornecendo mecanismos que permitem a colaboração entre as entidades, protegendo simultaneamente os modelos de negócio e propriedade intelectual das empresas envolvidas nos processos colaborativos.

Com o objectivo de suportar os processos colaborativos entre entidades diversas, na dimensão de processos a metodologia CBP possibilita a modelação dos processos de negócio das entidades que querem colaborar através de mecanismos para a compatibilização entre os processos internos das várias entidades e os processos acordados entre entidades para a colaboração. Deste modo é possível representar e documentar processos colaborativos entre intervenientes de entidades diversas, considerando restrições na colaboração de modo a proteger a propriedade intelectual dos intervenientes nos processos colaborativos (Namiri e Stojanovic, 2006).

Na dimensão de serviços definem-se as trocas de mensagens e dados entre intervenientes detalhando os processos colaborativos definidos anteriormente. Nesta dimensão os processos definidos são reutilizados, garantindo assim que os requisitos definidos são tidos em conta nos serviços obtidos (Greiner *et al.*, 2007).

Na dimensão de dados os vários processos colaborativos definidos são modelados recorrendo a uma linguagem de modelação específica, efectuando deste modo a ligação com os dados de produto.

Do ponto de vista tecnológico o CBP apresenta capacidades de modelação em vários níveis, sendo a ligação entre estes efectuada de forma automatizada ou semi-automatizada, garantindo deste

modo o suporte aos requisitos definidos inicialmente ao longo de todo o processo de modelação (Greiner *et al.*, 2007). Promove-se assim a colaboração entre diversas entidades, aproximando-se desta forma a um cenário real de colaboração a nível industrial.

O facto de esta metodologia não ter sido aplicada no contexto de soluções interoperáveis baseadas em BIM na indústria AEC constitui um desafio à sua implementação neste contexto. No entanto, esta metodologia apresenta-se como uma proposta relevante para estabelecer a comunicação e colaboração entre diversas entidades a nível industrial, visto ser a única metodologia analisada que apresenta capacidades de abstracção na definição de processos colaborativos entre várias entidades.

É então possível concluir que esta é uma metodologia que permite activar a comunicação entre os intervenientes nos vários processos, fornecendo simultaneamente suporte para as necessidades tecnológicas das várias entidades colaboradoras, justificando-se deste modo a sua inclusão neste estudo.

## **2.2. Síntese do Estado do Conhecimento**

Ao longo da secção 2.1 deste capítulo foram apresentadas e analisadas várias metodologias para o suporte de processos colaborativos em dados de produto que se mostram relevantes para a implementação do BIM recorrendo à integração entre a tecnologia e os processos organizacionais:

- STEP (ISO 10303): Metodologia que fornece mecanismos para descrever dados de modelos de produto ao longo do ciclo de vida do produto, independente do sistema;
- GTPPM: Metodologia para efectuar a ligação entre processos e modelos de dados na indústria AEC;
- IDM: Metodologia para a documentação de processos e descrição de trocas de informação entre os vários intervenientes nos processos da indústria AEC;
- CBP: Metodologia que prevê a colaboração entre várias entidades considerando restrições na colaboração de modo a proteger a propriedade intelectual dos intervenientes.

Com base na análise efectuada na secção 2.1 às várias metodologias, e tendo em conta as hipóteses de estudo definidas no início deste estudo, apresenta-se no Quadro 2.2 uma revisão das metodologias abordadas. É igualmente efectuada a comparação entre as hipóteses de estudo definidas e de que forma é que cada metodologia pode responder a cada uma das hipóteses de estudo.



Quadro 2.2 – Resumo das várias metodologias abordadas para processos colaborativos suportados em dados de produto e comparação com as hipóteses de estudo

	Dimensões		
	Processos	Serviços	Dados
<b>Hipóteses de estudo</b>	A representação e documentação de processos colaborativos entre intervenientes da indústria AEC de entidades diversas deve ser efectuada considerando restrições na colaboração, de modo a proteger a propriedade intelectual dos intervenientes	É possível definir serviços para assegurar a representação dos processos colaborativos nos dados que os suportam	A colaboração entre intervenientes da indústria AEC pode ser suportada através de dados de produto baseada em BIM.
<b>STEP</b>	<b>Application Activity Model (AAM):</b> Descrição dos processos de negócio através de linguagens IDEF0, NIAM, EXPRESS, ou EXPRESS-G. (Eastman, 1999), (Feeney, 2002)	<b>Application Reference Model (ARM):</b> especificação detalhada das várias entidades e atributos dos objectos e das relações entre eles que são necessárias para suportar as actividades dentro do contexto da aplicação (Eastman, 1999), (Feeney, 2002)	<b>Application Integrated Model (AIM):</b> modelo resultante da integração do ARM com Recursos Integrados e com APs externas (Eastman, 1999), (Feeney, 2002)
<b>GTPPM</b>	<b>Requirements Collection and Modelling (RCM):</b> regras para a modelação de processos com o objectivo de capturar os fluxos de informação entre as diferentes actividade (Lee et al., 2007a).	<b>Logical Product Modelling (LPM):</b> Processo automatizado que permite obter um modelo de produto a partir dos processos definidos (Lee et al., 2007a).	<b>Application Integrated Model (AIM):</b> modelo resultante da integração do LPM com Recursos Integrados e com APs externas (Lee et al., 2007a).
<b>IDM</b>	<b>Process Map:</b> descrição do fluxo de actividades para um determinado processo, incluindo os intervenientes envolvidos e os requisitos de informação associados (IAI, 2010).	<b>Exchange requirements:</b> Conjunto de informação que necessita de ser trocada para suportar um determinado requisito numa determinada fase de projecto (IAI, 2010).	<b>Functional parts:</b> Unidades de informação que suportam os <i>Exchange Requirements</i> , representando acções individuais que ocorrem ao longo de um processo colaborativo (IAI, 2010).
<b>CBP</b>	Modelação de processos colaborativos tendo em conta restrições na colaboração: <b>Private Processes (PP), View Processes (VP), Cross-Organizational Business Processes (CBP)</b> (Namiri e Stojanovic, 2006), (Greiner et al., 2007).	Definição de serviços que especificam as trocas de dados e mensagens a efectuar para uma determinada tarefa, recorrendo aos processos colaborativos definidos anteriormente (Greiner et al., 2007).	Modelação de processos de negócio colaborativos e extensão dos mesmos com a informação necessária para a integração numa plataforma específica (Greiner et al., 2007).

### 2.3. Avanço sobre o estado do conhecimento

O objectivo deste capítulo foi o de efectuar um levantamento de várias soluções existentes que podem responder ao problema definido no início deste estudo, ou seja, encontrar um método para suportar a colaboração entre os vários intervenientes na indústria AEC baseada na interoperabilidade entre TIC utilizadas, garantindo o suporte de processos colaborativos e considerando restrições na colaboração para salvaguardar a protecção dos processos internos das entidades que colaboram.

Os problemas de interoperabilidade na indústria AEC têm sido abordados apenas numa perspectiva de interoperabilidade de dados, sendo que as metodologias propostas com o objectivo de resolver problemas de interoperabilidade na indústria AEC focam-se principalmente na integração de aplicações através da partilha e troca de dados de produto (Bakis *et al.*, 2007).

Noutros sectores industriais, tais como o sector automóvel e o sector aeroespacial, a integração de dados de produto em estruturas empresariais complexas teve em conta o desenvolvimento e validação de especificações para a troca de dados, bem como a definição de testes de conformidade com o objectivo de assegurar que as implementações de software correspondem às especificações definidas, assegurando a interoperabilidade entre as diversas aplicações a nível industrial (Lipman *et al.*, 2011).

O desenvolvimento de soluções TIC para efectuar a colaboração suportada em interoperabilidade deve igualmente ter em conta a interoperabilidade não só ao nível dos dados, mas também ao nível dos processos da indústria, bem como a nível dos serviços que os suportam. Apenas deste modo será possível apoiar a colaboração suportada pela interoperabilidade entre entidades da indústria AEC.

A análise efectuada na secção 2.2 deste capítulo mostra que apenas a metodologia CBP tem em conta a interoperabilidade entre processos, serviços e dados para suportar a colaboração entre entidades distintas. Para este efeito, a metodologia CBP possibilita a modelação dos processos de negócio das entidades que querem colaborar através de mecanismos para a compatibilização entre os processos internos das várias entidades e os processos acordados entre entidades para a colaboração. Deste modo é possível representar e documentar processos colaborativos entre intervenientes da indústria AEC de entidades diversas, considerando restrições na colaboração de modo a proteger a propriedade intelectual dos intervenientes, assegurando assim a protecção dos processos internos de cada entidade que colabora (Namiri e Stojanovic, 2006). Promove-se assim a colaboração entre diversas entidades, aproximando-se desta forma a um cenário real de colaboração na indústria AEC.

Em relação à dimensão de serviços, a análise efectuada revelou que o IDM é a metodologia que melhor a pode representar no contexto da indústria AEC. Na dimensão de serviços, o IDM recorre à definição de requisitos de troca. Estes especificam claramente quais as mensagens e dados a serem trocadas em cada interacção entre intervenientes da indústria. Apesar de a utilização de Requisitos de Troca não permitir que a ligação entre processos e dados seja automatizada, a natureza descritiva dos requisitos de troca do IDM permite uma melhor compreensão destes requisitos por parte dos interveni-

entes da indústria AEC bem como pelos técnicos que implementam as TIC (IAI, 2010). Este facto contribui para que o desenvolvimento das soluções TIC tenha em conta os requisitos definidos, já que a sua especificação é efectuada de forma clara e sem espaço para ambiguidades. A definição clara destes requisitos constitui igualmente uma mais valia para possibilitar a interoperabilidade entre entidades na dimensão de serviços.

Quanto à representação de dados baseada em BIM, a análise às várias metodologias revela que o IDM se mostra igualmente apropriado para este fim. Nesta dimensão, o IDM recorre à definição das Partes Funcionais que constituem unidades de informação utilizadas para representar os dados da colaboração baseada no modelo de dados aberto IFC que constitui um standard internacional aberto para a troca e integração de dados na indústria AEC (Eastman *et al.*, 2011).



### 3. MÉTODO PROPOSTO

Neste capítulo é proposto um método que tem como objectivo responder à questão de investigação e hipóteses de estudo definidas no início do trabalho.

De acordo com a análise efectuada às metodologias existentes para processos colaborativos suportados em dados de produto na secção 2.3, nenhuma das metodologias abordadas responde inteiramente ao problema em estudo definido no início da dissertação. De facto, não foi encontrada nenhuma metodologia na bibliografia que permita responder totalmente às hipóteses de estudo consideradas. Por outro lado, todas as metodologias abordadas respondem parcialmente às hipóteses de estudo definidas, contribuindo assim para a resposta do problema definido no início do estudo.

Por estas razões, neste estudo é proposto um método que combina elementos constituintes das várias metodologias analisadas, tendo por base as metodologias CBP e IDM pelas razões já enunciadas na secção 2.3. Apresentam-se igualmente as várias considerações que foram tidas em conta para a compatibilização das metodologias utilizadas.

#### 3.1. Arquitectura do método proposto

O método proposto neste estudo é baseado nas metodologias IDM e CBP, focando-se na representação da colaboração baseada na interoperabilidade entre processos, serviços e dados das entidades que participam nos processos colaborativos. Para tal, são propostos mecanismos para efectuar a representação de processos, dados, e da ligação entre processos e dados através de serviços. Para efectuar a representação dos processos colaborativos recorre-se à metodologia CBP, sendo definidos os vários tipos de processos: privados, públicos e colaborativos (i.e. acordados entre entidades). Com o objectivo de efectuar a ligação entre processos e dados recorre-se à definição de serviços baseados nos Requisitos de Troca do IDM. Através da definição de serviços no método proposto, e tendo em conta os métodos de colaboração definidos no CBP, é possível estabelecer a ligação entre os vários tipos de processos de cada entidade, sendo igualmente possível estabelecer a colaboração com entidades externas (Berre *et al.*, 2006). Deste modo é possível estabelecer uma arquitectura orientada a serviços (SOA) na qual o suporte de dados é assegurado pelas Partes Funcionais do IDM.

O método proposto neste estudo encontra-se esquematizado na Figura 3.1. Seguidamente são descritos detalhadamente os vários componentes deste método.

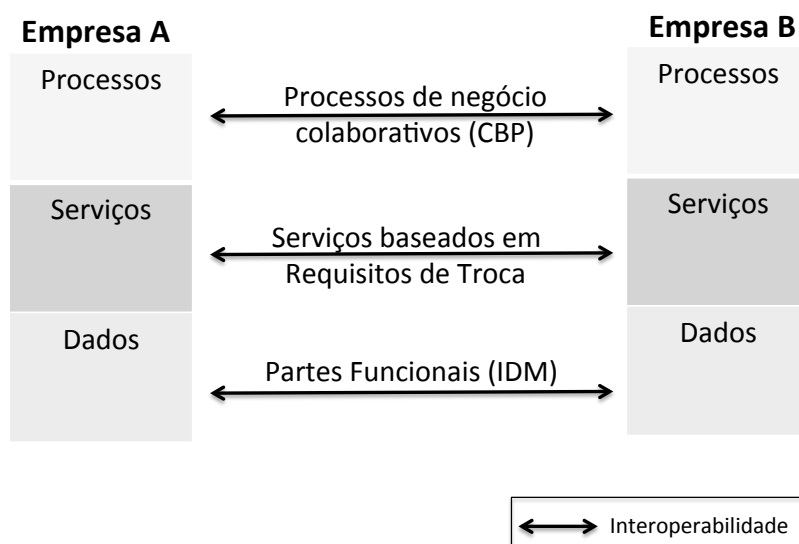


Figura 3.1 – Representação geral da arquitectura do método proposto

### 3.1.1. Processos

Como foi anteriormente referido na secção 2.3, a metodologia CBP permite a representação da colaboração entre diversas entidades da indústria, considerando restrições na colaboração, assegurando desta forma a protecção da propriedade intelectual de cada uma das entidades que colaboram (Namiri e Stojanovic, 2006). Esta metodologia mostra-se assim apropriada para a representação de processos colaborativos na indústria AEC.

No método proposto nesta dissertação, a metodologia CBP é utilizada para definir uma camada de abstracção entre as vistas públicas e os processos privados de cada entidade que participa na colaboração e a ligação destes à dimensão de serviços. Desta forma é possível garantir a interoperabilidade ao nível dos processos entre as várias entidades que colaboram garantindo igualmente a protecção da propriedade intelectual dos intervenientes. Para possibilitar a colaboração entre diversas entidades, cada entidade deverá definir separadamente as suas vistas públicas a partir dos seus processos privados, ocultando informações sensíveis internas. As vistas públicas definidas por cada entidade servem de base para a definição do processo colaborativo. O processo colaborativo resulta assim do entendimento comum estabelecido entre as entidades colaboradoras que interligam as suas vistas públicas e definem igualmente quando e onde ocorrem trocas de dados e mensagens. Na Figura 3.2 ilustra-se de forma esquemática a relação entre as metodologias IDM e CBP que são adoptadas na representação da colaboração no método proposto neste estudo.

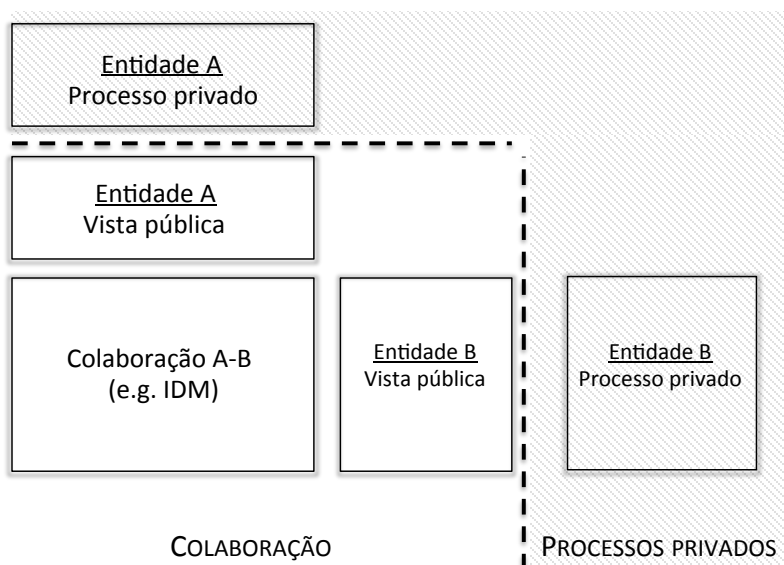


Figura 3.2 – Relação entre vistas privadas e públicas definidas na metodologia CBP e colaboração baseada no IDM

O método proposto neste estudo para efectuar a representação da colaboração consiste nos seguintes passos:

1. **Definição de processos privados:** Com o objectivo de representar a colaboração cada interveniente define os seus processos privados descrevendo a sequência de actividades que ocorrem na sua organização.
2. **Definição de vistas públicas:** Cada entidade define as suas vistas públicas que servirão de base à colaboração, ocultando processos internos sensíveis que não devem ser publicados. A definição de vistas públicas neste método recorre à modelação “*inside out*” que consiste na definição de vistas públicas a partir dos processos internos dos intervenientes (Costa, 2007), (Greiner *et al.*, 2007).
3. **Definição do processo colaborativo:** O processo colaborativo é definido a partir da interligação das vistas públicas de cada entidade, sendo igualmente definidas onde e quando ocorrem as trocas de dados e mensagens entre intervenientes.

Na Figura 3.3 representa-se a definição dos vários tipos de processos no contexto de uma colaboração entre duas entidades: Entidade A e Entidade B.

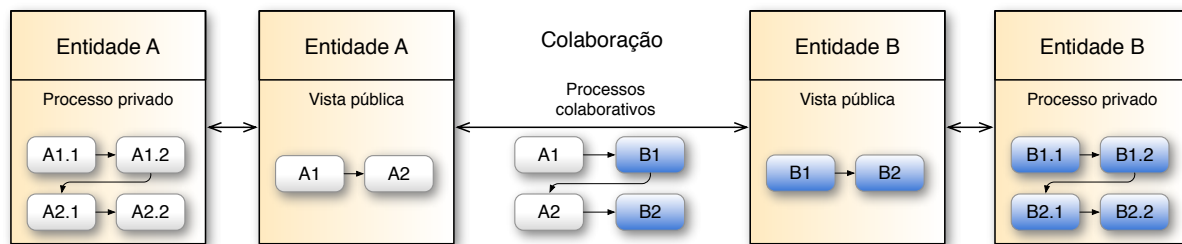


Figura 3.3 – Definição de processos privados, vistas públicas e processos colaborativos de acordo com o método proposto

### 3.1.2. Serviços

Com o objectivo de estabelecer a ligação entre processos e dados através de serviços, o método proposto neste estudo recorre à representação de Requisitos de Troca, definidos através da metodologia IDM, através de serviços electrónicos. Um Requisito de Troca representa o conjunto de informação que tem que ser trocada para suportar um determinado requisito de negócio numa determinada fase de um projecto de construção (IAI, 2010). Na Figura 3.4 ilustra-se a relação entre as várias dimensões consideradas na metodologia IDM – Processos, Serviços e Dados – sendo o papel dos Requisitos de Troca efectuar a ligação entre Processos e Dados.

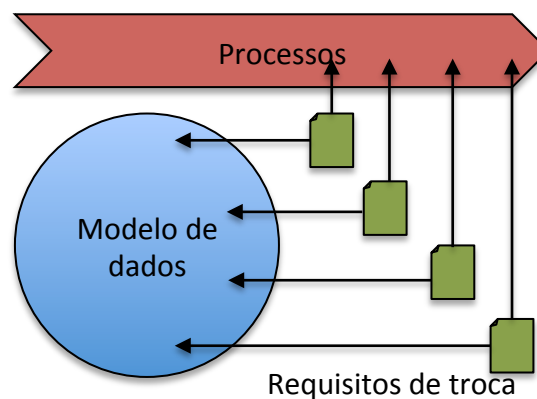


Figura 3.4 – Representação da ligação entre processos e dados através de Requisitos de Troca – adaptado de IAI (2010)

Os Requisitos de Troca representam o conjunto de informações necessárias à execução de uma determinada tarefa. A especificação de um requisito de troca deve conter as seguintes informações:

- Indicação de quais os actores que participam nessa troca, o actor que fornece a informação e o actor que a recebe;
- Especificação de qual a informação a ser trocada, e quando é que ocorre essa troca de informação;



- Especificação de quais os resultados dessa troca de informação;
- Indicação de quais os tipos de dados que suportam o Requisito de Troca.

Os requisitos de troca definidos na metodologia IDM são de natureza descritiva. O facto de não serem executáveis implica que a verificação da sua conformidade dependa da revisão humana, possibilitando a introdução de erros e não permite uma ligação automatizada entre as dimensões de processos e serviços. Por outro lado, a sua natureza descritiva facilita a sua utilização como base de definição para serviços electrónicos.

Tendo em conta estes factos, o método apresentado neste estudo propõe a definição de serviços electrónicos a partir dos Requisitos de Troca definidos com o objectivo de possibilitar a verificação electrónica dos vários requisitos ao longo dos processos definidos. Os serviços electrónicos garantem a execução de processos por meios tecnológicos. Um serviço electrónico prevê a existência de um fornecedor do serviço, um receptor do serviço e uma mensagem que é trocada por ambos. O conteúdo da mensagem deve respeitar requisitos pré-definidos, sendo que a troca da mensagem é assegurada pelas TIC (Rowley, 2006), (W3C, 2007).

Através da utilização de serviços electrónicos é possível criar uma arquitectura orientada a serviços (SOA), constituída pelo conjunto dos vários serviços definidos que interagem entre si através da troca de mensagens que contém os dados definidos nos requisitos de troca (Greenfield *et al.*, 2004). Recorrendo a serviços electrónicos é então possível garantir a ligação automatizada entre as dimensões de processos e serviços.

A aplicação do método proposto na definição de serviços consiste nos seguintes passos:

4. Definição de requisitos de troca, incluindo referência às partes funcionais ou ao tipo de dados que os suportam;
5. Definição de serviços electrónicos com base nos requisitos de troca definidos. Especificação de quem fornece o serviço, quem o recebe e qual o conteúdo dos dados/ mensagem trocada;
6. Associação dos serviços definidos aos processos colaborativos definidos anteriormente.

Na Figura 3.5 representa-se um requisito de troca que deverá ser cumprido de modo a proceder para a actividade seguinte. Apresenta-se a visão de processo do requisito de troca na qual a sua execução é implícita, bem como a visão tecnológica correspondente na qual a execução é explícita (Rowley, 2006). Estas representações correspondem aos passos 4 e 5 do método proposto.

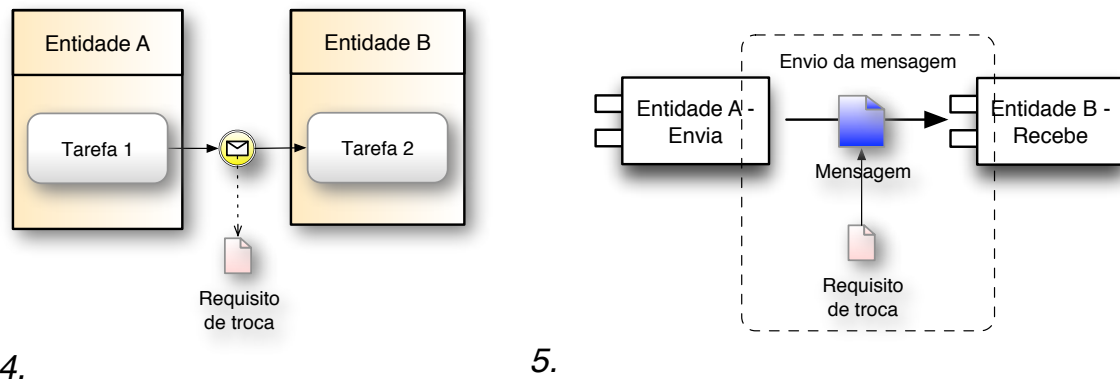


Figura 3.5 – Representação de serviços – 4) visão de processo – adaptado de IAI (2010) ; 5) visão tecnológica – adaptado de Brittenham (2002)

De acordo com a metodologia CBP, a cada tarefa pode ser associado um serviço que especifica quem envia a mensagem - *Sender*, quem a recebe - *Receiver*, e qual o seu conteúdo (Costa, 2007), (Greiner *et al.*, 2007). No método proposto o conteúdo das mensagens é definido pelos Requisitos de Troca. Esta relação é tida em conta na associação entre serviços e processos definidos, correspondente ao passo 6 na dimensão de serviços do método proposto e encontra-se ilustrada na Figura 3.6.

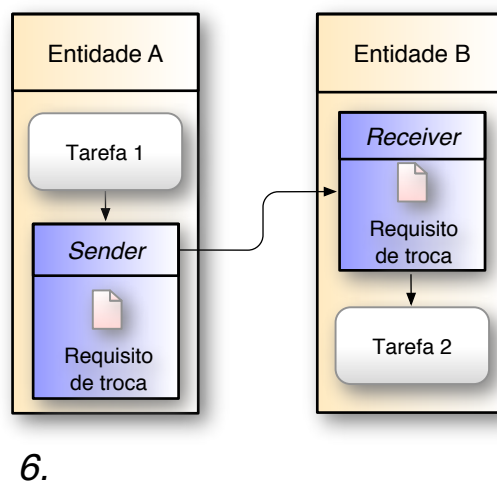


Figura 3.6 – Associação entre tarefas e serviços de acordo com a metodologia CBP correspondente ao passo 6 do método proposto (ATHENA-IP, 2010)

### 3.1.3. Dados

Com o objectivo de representar os dados que suportam os processos colaborativos definidos, o método proposto neste estudo recorre às Partes Funcionais da metodologia IDM para permitir o suporte de dados BIM através do standard IFC. Cada Parte Funcional definida corresponde a uma especificação técnica detalhada da informação que é trocada num determinado processo colaborativo (IAI, 2010).

As Partes Funcionais são unidades de informação utilizadas pelos programadores de aplicações para suportar um Requisito de Troca, representando acções individuais que ocorrem ao longo de um processo de negócio. Para este efeito, uma Parte Funcional é constituída por um esquema definido na linguagem EXPRESS ou XSD que especifica detalhadamente qual a combinação de entidades, atributos, *property sets* e propriedades dos IFCs que suportam um determinado processo de negócio.

Cada Parte Funcional é constituída por uma secção técnica e uma secção não técnica. A secção não técnica descreve os objectivos e conteúdo da parte funcional em texto, bem como os resultados esperados da aplicação dessa Parte Funcional. A secção técnica fornece uma especificação detalhada da informação fornecida pela Parte Funcional. Para tal são descritas em detalhe as entidades e propriedades requeridas dos IFCs bem como os atributos e propriedades a serem utilizadas (IAI, 2010).

A metodologia IDM prevê a possibilidade de reutilização das Partes Funcionais em vários Requisitos de Troca, bem como a reutilização de Partes Funcionais por parte de outras Partes Funcionais (IAI, 2010). As relações entre Partes Funcionais e Requisitos de Troca encontram-se ilustradas na Figura 3.7.

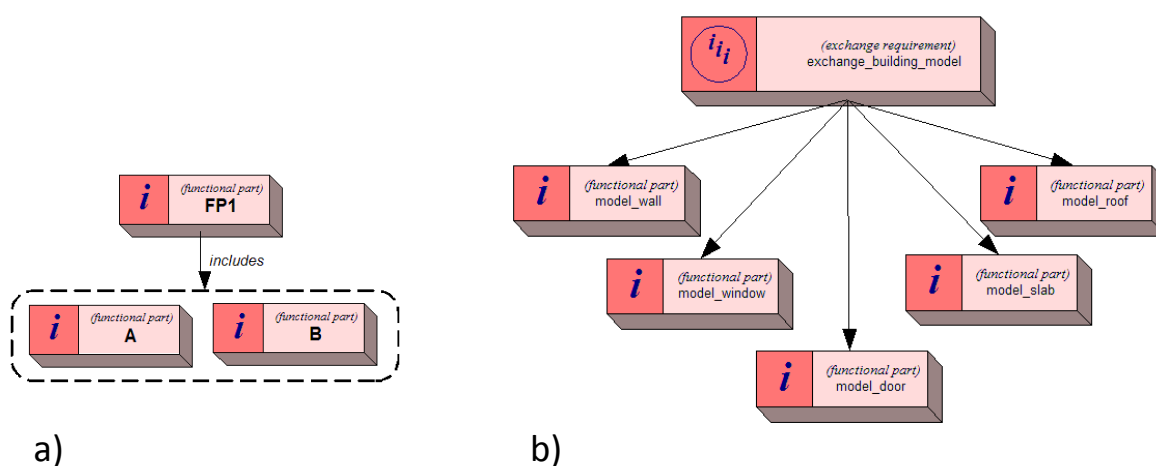


Figura 3.7 – IDM: Relação entre requisitos de troca e partes funcionais na metodologia IDM: a) inclusão de partes funcionais noutras partes funcionais; b) inclusão de partes funcionais nos requisitos de troca (IAI, 2010)

A representação da dimensão de dados no método proposto consiste nos seguintes passos:

7. Definição das várias partes funcionais que constituem cada um dos requisitos de troca definidos;
8. Definição do esquema XSD que suporta os requisitos de troca definidos através do agrupamento das várias partes funcionais que os constituem;
9. Conversão dos esquemas XSD em WSDL para possibilitar a sua associação aos serviços definidos anteriormente e efectuar trocas de dados suportadas em BIM-IFC. Nesta fase é efectuada a ligação entre processos e dados através de serviços.

Seguidamente, e tendo em conta os passos descritos anteriormente para a dimensão de dados do método proposto, apresenta-se a aplicação do método para efectuar uma troca de dados através de um serviço definido com base num Requisito de Troca (Figura 3.8). As partes funcionais que constituem o requisito de troca são agrupadas e convertidas num esquema WSDL, que especifica o conteúdo da mensagem que é trocada através do serviço (W3C, 2007).

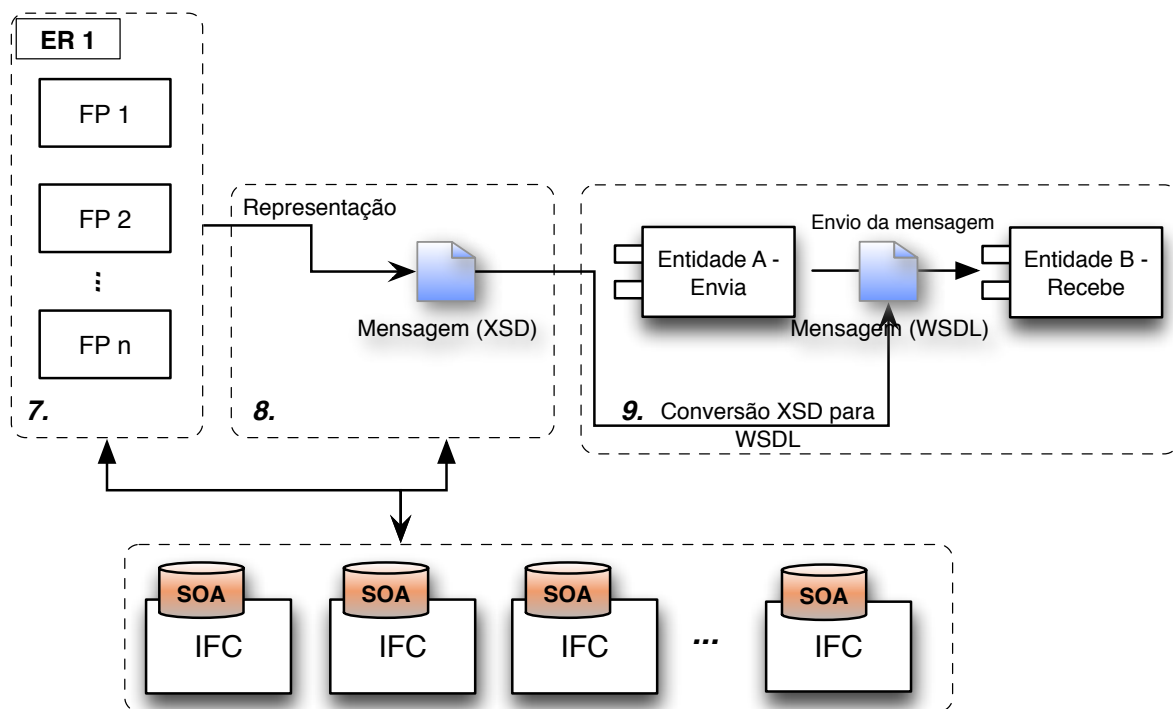


Figura 3.8 – Exemplo de troca de dados através de um serviço definido com base num requisito de troca

### 3.2. Representação detalhada do método proposto

Nesta secção apresenta-se a arquitectura detalhada do método proposto neste capítulo (Figura 3.9).

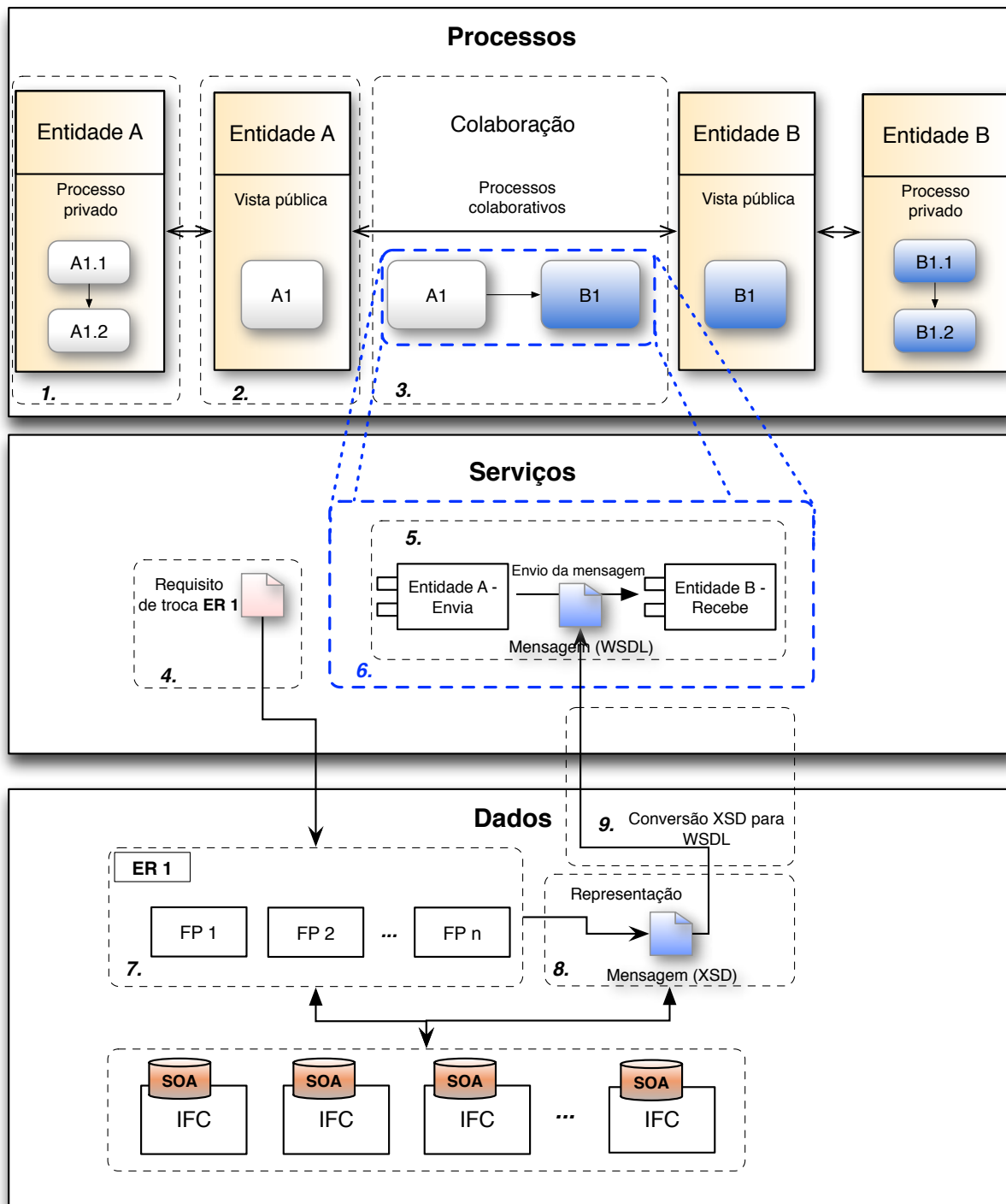


Figura 3.9 – Arquitectura detalhada do método proposto: Exemplo de troca de uma mensagem entre dois intervenientes definida com base num requisito de troca

Na Figura 3.9 apresentaram-se os vários elementos do método proposto neste estudo, enquadrados nas dimensões de processos, serviços e dados. Em seguida é descrita a sequência de passos prevista no método, desde a definição de processos, à execução de dados recorrendo a serviços electrónicos:

- 1) Definição de processos privados: Com o objectivo de representar a colaboração cada interveniente define os seus processos privados descrevendo a sequência de actividades que ocorrem na sua organização;
- 2) Definição de vistas públicas: Cada entidade define as suas vistas públicas que servirão de base à colaboração, ocultando processos internos sensíveis que não devem ser publicados. A definição de vistas públicas neste método recorre à modelação “*inside out*” que consiste na definição de vistas públicas a partir dos processos internos dos intervenientes (Costa, 2007), (Greiner *et al.*, 2007);
- 3) Definição do processo colaborativo: O processo colaborativo é definido a partir da interligação dos processos públicos de cada entidade, sendo igualmente definidas onde e quando ocorrem as trocas de dados e mensagens entre intervenientes;
- 4) Definição de requisitos de troca, incluindo referência a partes funcionais ou aos tipos de dados que os suportam;
- 5) Definição de serviços electrónicos com base nos requisitos de troca definidos. Especificação de quem fornece o serviço, quem o recebe e qual o conteúdo dos dados/ mensagem trocada;
- 6) Associação dos serviços definidos aos processos colaborativos definidos anteriormente;
- 7) Definição das várias partes funcionais que constituem cada um dos requisitos de troca definidos;
- 8) Definição do esquema XSD que suporta os requisitos de troca definidos através do agrupamento das várias partes funcionais que os constituem;
- 9) Conversão dos esquemas XSD em WSDL para possibilitar a sua associação aos serviços definidos anteriormente e efectuar trocas de dados suportadas em BIM-IFC. Nesta fase é efectuada a ligação entre processos e dados através de serviços.

## 4. APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

Com o objectivo de testar o método proposto neste estudo é necessário aplicá-lo num domínio específico do ciclo de vida de um empreendimento, e posteriormente testar essa aplicação. Neste capítulo o método é aplicado à elaboração de um IDM sobre a determinação de quantidades e de custos durante a fase de elaboração de propostas. A escolha deste domínio deve-se ao facto de esta ser uma fase no ciclo de vida de empreendimentos em que ocorrem muitas interações e trocas de dados entre os vários intervenientes, que tradicionalmente ocorrem de forma não estruturada (Eastman *et al.*, 2011).

Neste capítulo apresenta-se a aplicação do método à definição dos processos, serviços e dados no contexto da determinação de quantidades e de custos durante a fase de elaboração de propostas, considerando as formas contratuais de Concepção-Concurso-Construção e Concepção-Construção.

A determinação de custos durante a fase de elaboração de propostas deverá suportar os requisitos de determinação de quantidades com o objectivo de verificar que a concepção do projecto se encontra dentro do orçamento estabelecido. Recorrendo à metodologia BIM a partir das fases iniciais de projecto é possível determinar quantidades e custos associados o que possibilita um controlo de custos faseado ao longo da elaboração do projecto. Deste modo facilita-se igualmente o estudo de alternativas de projecto, tendo em conta os custos associados às mesmas (Eastman *et al.*, 2011). O processo de determinação de quantidades baseado em BIM deverá ser cíclico, aumentando de complexidade ao longo do desenvolvimento do projecto desde o projecto base até ao projecto de execução.

Na fase de elaboração de propostas, as quantidades utilizadas para determinar custos baseiam-se nos elementos esperados a serem incorporados na construção do edifício, bem como nos custos das actividades associadas à construção desses elementos. Nesta fase do ciclo de vida todos os elementos e sistemas de construção deverão estar modelados com nível de detalhe suficiente para a coordenação dos projectos de especialidades. Dado que os trabalhos de instalação e construção dependem da decisão final do empreiteiro, a especificação de componentes detalhada para fornecedores pode não ser incluída nesta fase.

Na Figura 4.1 apresenta-se uma generalização do processo considerado neste estudo.

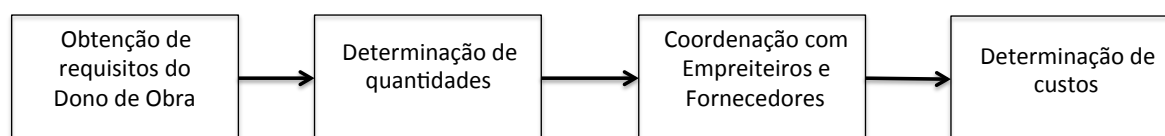


Figura 4.1 – Processo geral de determinação de quantidades e de custos durante a fase de elaboração de propostas

Os processos descritos neste estudo consideram a determinação de quantidades e de custos durante a fase de elaboração de propostas, para a contratualização baseada em Concepção-Concurso-Construção (CCC) e Concepção-Construção (CC).

No modelo de Concepção-Concurso-Construção o Dono de Obra estabelece os requisitos de projecto, recorrendo à ajuda de um arquitecto, que é o responsável pela concepção do projecto. Para efectuar os projectos das várias especialidades o arquitecto contrata projectistas. As telas finais apresentadas pela entidade Projectista, deverão permitir a obtenção de quantidades com o detalhe suficiente para proceder a concurso (Eastman *et al.*, 2011). Na fase de concurso são obtidas propostas de preços dos empreiteiros, sendo que normalmente o Dono de Obra recorre ao factor preço na adjudicação da obra ao Empreiteiro. O processo definido neste estudo contempla a interacção entre Projectista, Dono de Obra e Empreiteiro, bem como a interacção entre Empreiteiro, Subempreiteiros e/ou Fornecedores. Na Figura 4.2 apresenta-se o âmbito geral da colaboração definida a partir das vistas públicas dos processos internos das várias entidades para o tipo de contrato Concepção-Concurso-Construção.

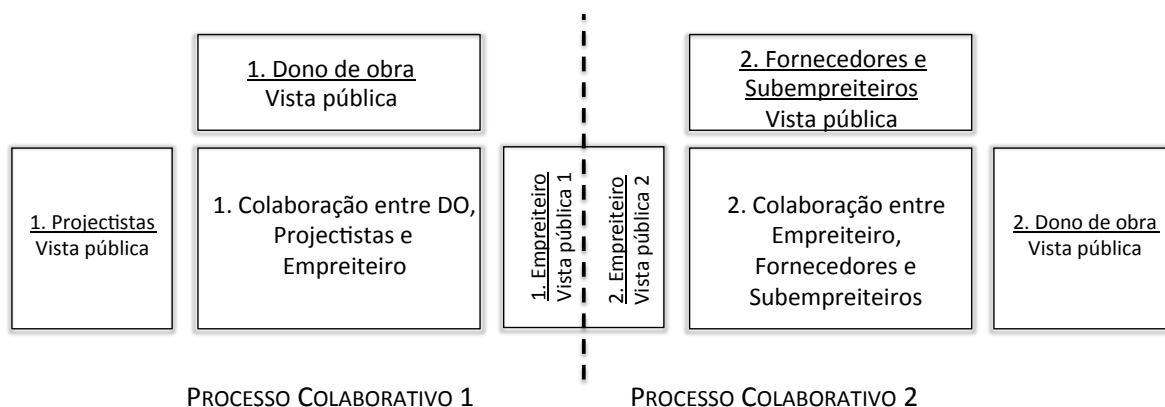


Figura 4.2 – Âmbito da colaboração entre intervenientes para a contratualização baseada em Concepção-Concurso-Construção (CCC)

No modelo de Concepção-Construção, a mesma entidade é responsável pela Concepção e Construção da obra – Entidade de Concepção e Construção (ECC). Este modelo foi proposto com o objectivo de concentrar as responsabilidades sobre o projecto e construção numa única entidade, simplificando as relações de administração do dono de obra (Beard *et al.*, 2005) *in* (Eastman *et al.*, 2011).

O processo definido neste estudo contempla a interacção entre Dono de Obra e a Entidade de Concepção e Construção, bem como a interacção entre a Entidade de Concepção e Construção e Fornecedores e/ou Subempreiteiros.

Na Figura 4.3 apresenta-se o âmbito geral da colaboração definida a partir das vistas públicas dos processos internos das várias entidades para o tipo de contrato Concepção-Construção.



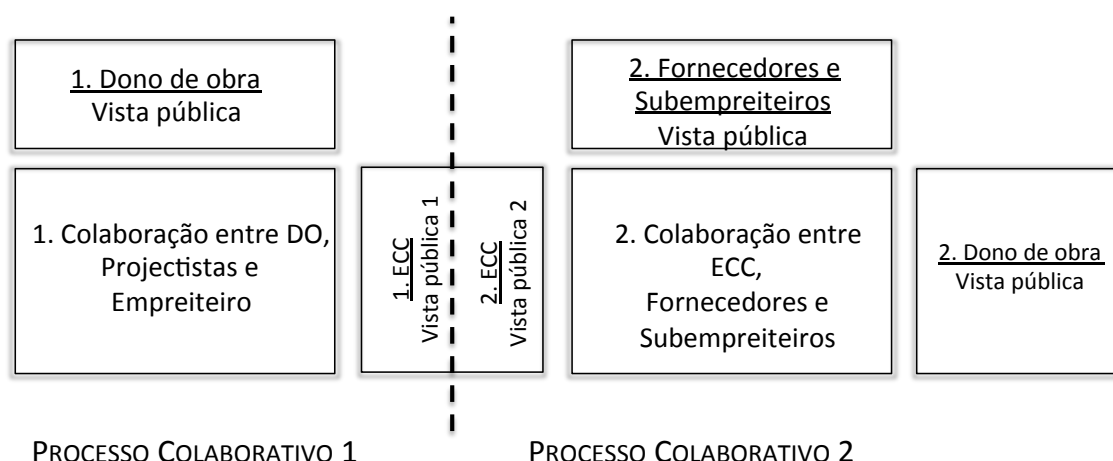


Figura 4.3 – Âmbito da colaboração entre intervenientes para a contratualização baseada em Conceção-Construção (CC)

Tendo em conta os formatos de contratualização considerados, a definição de processos prevê a determinação de quantidades por um actor (ou grupo de actores) e a determinação de custos por outro actor (ou grupo de actores). Isto permite a determinação de quantidades através de uma aplicação de software (por exemplo, uma aplicação de modelação BIM) e que os custos possam ser determinados recorrendo a uma segunda aplicação (estimativa de custos/gestão de obra). Tal é possível devido à especificação da informação a ser trocada ser definida através de Requisitos de Troca.

#### 4.1. Definição de processos

A definição de processos que se segue refere-se aos processos colaborativos acordados entre os vários actores para contratos baseados em Conceção-Concurso-Construção (CCC) e Conceção-Construção (CC). Na secção 4.1.1 é apresentada a descrição dos vários processos, bem como a especificação de pontos de decisão. Estas descrições são apresentadas de acordo com a metodologia IDM. O propósito desta descrição de processos é de constituir processos de referência que deverão ser utilizados como base de orientação para os intervenientes, constituindo igualmente uma ferramenta de controlo dos processos definidos.

Na definição de processos utiliza-se a linguagem de modelação *Business Process Modeling Notation* (BPMN) por várias razões (IAI, 2010):

1. É um standard suportado pelo *Object Management Group* (OMG);
2. A sua utilização para especificar processos de negócio em projectos de larga escala encontra-se em expansão;

3. É suportado por várias aplicações de software;
4. É possível executar os processos definidos através de *Business Process Execution Language for Web Services* (BPEL4WS) para controlar fluxos de trabalho.

Além das razões enunciadas anteriormente, o BPMN mostra-se como uma linguagem de modelação adequada porque não se limita à representação de uma sequência de actividades ligadas entre si por fluxos de entidades e/ou eventos que definem a lógica de execução. A linguagem BPMN parte destes pressupostos estendendo-os através da definição clara da sequência de actividades de cada entidade colaboradora e da possibilidade de representação da comunicação entre as entidades participantes no processo colaborativo (OMG, 2012). Na linguagem BPMN, os actores são representados por *swimlanes* que contém as várias tarefas de cada interveniente. A sequência de tarefas é representada através de setas a cheio, e o recurso a dados/ mensagens é representado por setas a tracejado. Na Figura 4.4 apresenta-se a legenda de elementos BPMN utilizados na definição de processos.

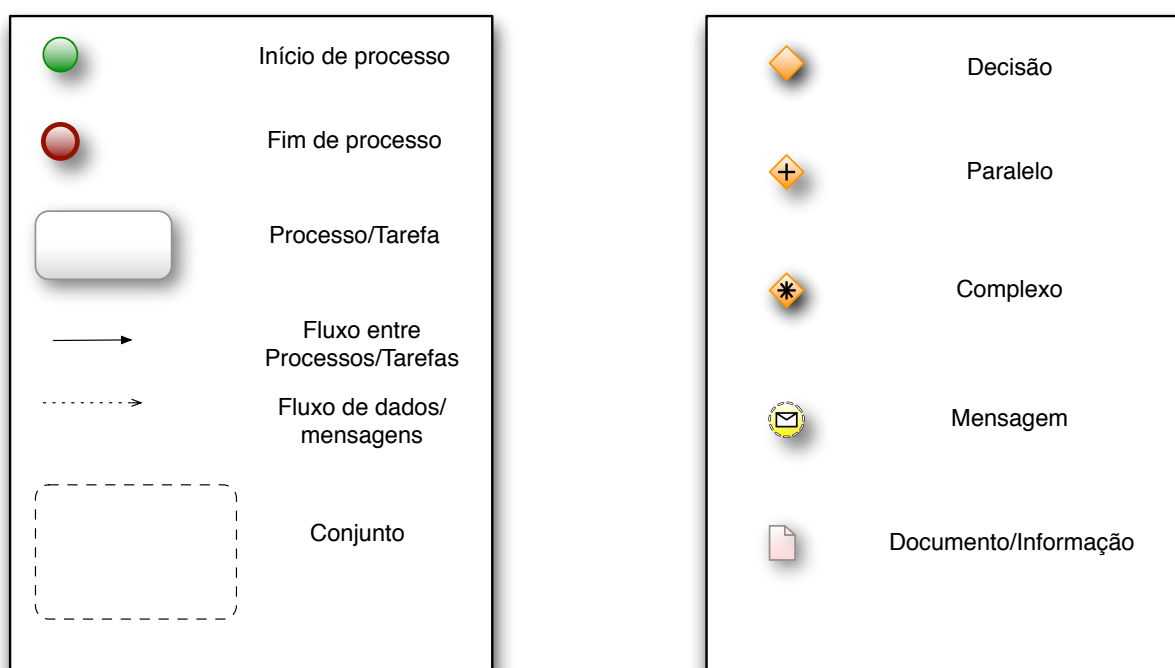


Figura 4.4 – Elementos da linguagem de modelação BPMN utilizados na definição de processos

### 4.1.1. Descrição de processos

#### 4.1.1.1 Processo Colaborativo entre Projectista, Dono de Obra e Empreiteiro (contrato CCC) e entre Entidade de concepção e construção e Dono de Obra (contrato CC).

Na Figura 4.5 apresenta-se o mapa de processos MP 1 que representa o processo colaborativo entre Projectista, Dono de Obra e Empreiteiro para o método de Concepção-Concurso-Construção. Na Figura 4.6 apresenta-se o mapa de processos MP 2 que representa o processo colaborativo entre Dono de Obra e Entidade de concepção e construção para o método de Concepção-Construção.

A descrição dos processos colaborativos, bem como a especificação dos vários pontos de decisão definidos nos mapas de processos MP 1 e MP 2 encontram-se nos Quadros 4.1 a 4.14.

Os processos privados e as vistas públicas que serviram de base à elaboração do processo colaborativo foram modelados nos mapas de processo: MP 4, MP 5, MP 6, MP 7 e MP 9, encontrando-se na secção 8.1 dos Anexos.

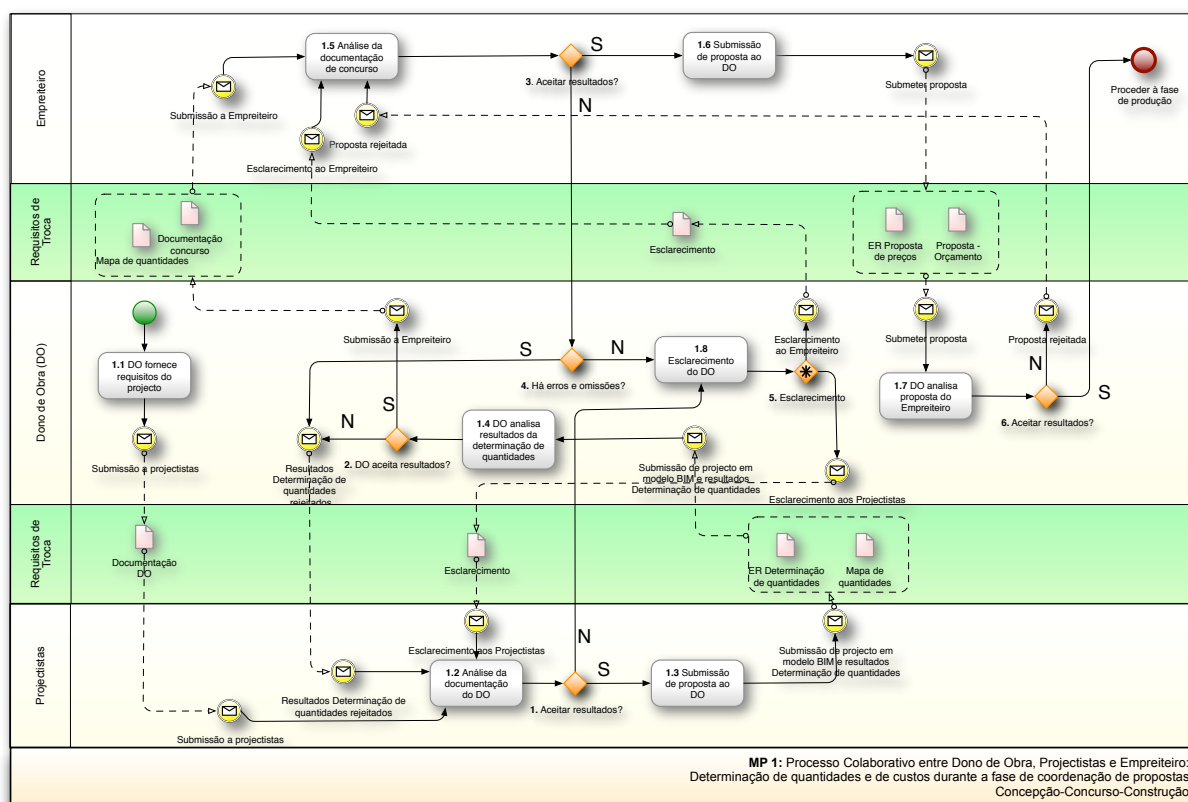


Figura 4.5 – Mapa de processos MP 1: Processo colaborativo entre Dono de Obra, Projectista e Empreiteiro para o método de Concepção-Concurso-Construção

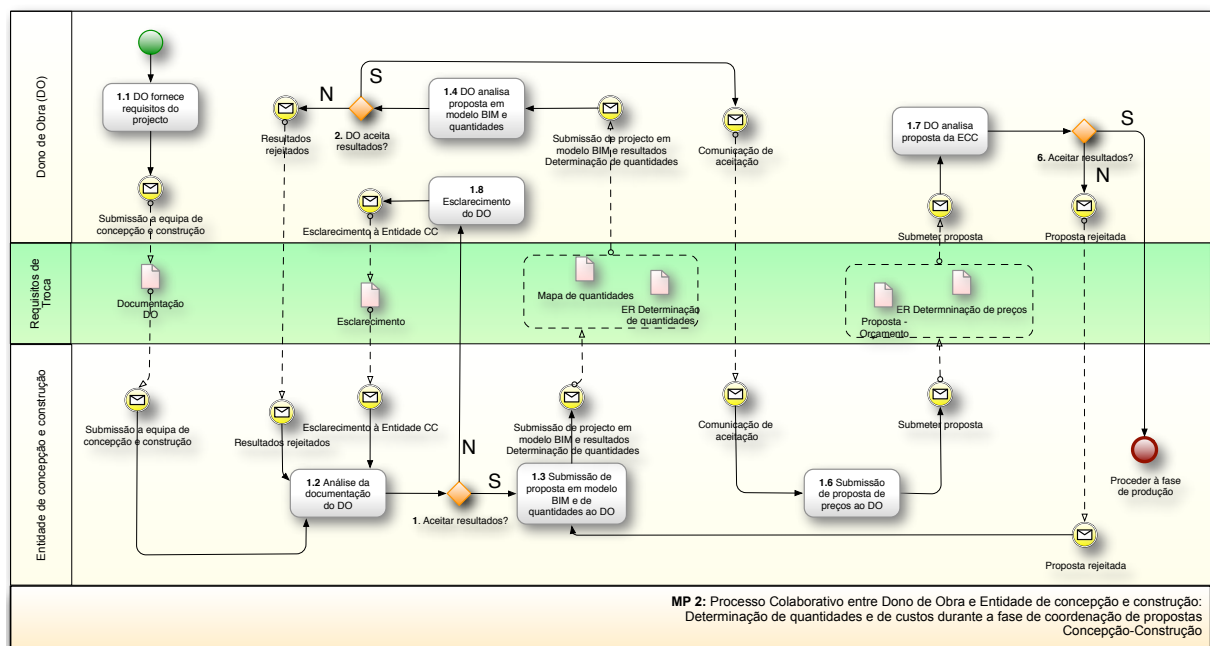


Figura 4.6 – Mapa de processos MP 2: Processo colaborativo entre Dono de Obra e Entidade de concepção e construção para o método de Concepção-Construção

Quadro 4.1 – IDM: DO fornece requisitos do projecto

<b>Nome</b>	<b>1.1 DO fornece requisitos do projecto</b>
<b>Tipo</b>	<b>Tarefa</b>
<b>Descrição</b>	O processo de determinação de quantidades e análise de custos durante a fase de elaboração de propostas inicia-se com o fornecimento dos vários requisitos pelo Dono de Obra. O Dono de obra fornece os requisitos contratuais aos Projectista (no caso de contrato CCC) ou Entidade de concepção e construção (no caso de contrato CC).

Quadro 4.2 – IDM: Análise da documentação do DO

<b>Nome</b>	<b>1.2 Análise da documentação do DO</b>
<b>Tipo</b>	<b>Tarefa</b>
<b>Descrição</b>	Após receberem os requisitos do Dono de Obra, os projectistas (no caso de contrato CCC) ou a Entidade de concepção e construção (no caso de contrato CC) analisam a documentação do DO tendo em conta as considerações para a elaboração de projecto em modelo BIM e para o cálculo de quantidades.

Quadro 4.3 – IDM: Submissão de proposta ao DO

<b>Nome</b>	<b>1.3 Submissão de proposta ao DO</b>
<b>Tipo</b>	<b>Tarefa</b>
<b>Descrição</b>	Após efectuarem o cálculo de quantidades, os projectistas (no caso de contrato CCC) ou a Entidade de concepção e construção (no caso de contrato CC) submetem os resultados ao Dono de Obra. A submissão de resultados será na forma de um mapa de quantidades obtido através da aplicação utilizada na determinação de quantidades e deve ter em conta o requisito de troca <b>ER Determinação de quantidades</b> .

Quadro 4.4 – IDM: DO analisa resultados da Determinação de quantidades

<b>Nome</b>	<b>1.4 DO analisa resultados da Determinação de quantidades</b>
<b>Tipo</b>	<b>Tarefa</b>
<b>Descrição</b>	O Dono de Obra analisa os resultados submetidos pelos projectistas (no caso de contrato CCC) ou pela Entidade de concepção e construção (no caso de contrato CC). Se os resultados forem aceites, o DO envia-os ao Empreiteiro (no caso de contrato CCC), ou de volta à Entidade de concepção e construção (no caso de contrato CC). Caso contrário, o DO rejeita os resultados, efectuando uma comunicação aos projectistas (no caso de contrato CCC) ou à Entidade de concepção e construção (no caso de contrato CC).

Quadro 4.5 – IDM: Análise da documentação de concurso (CCC)

<b>Nome</b>	<b>1.5 Análise da documentação de concurso (CCC)</b>
<b>Tipo</b>	<b>Tarefa</b>
<b>Descrição</b>	Após receber os requisitos do Dono de Obra, e o mapa de quantidades validado pelo DO, o empreiteiro analisa a documentação tendo em conta as considerações para o cálculo de quantidades e custos. Se forem encontrados erros e omissões o Empreiteiro pode efectuar um pedido de esclarecimento ao Dono de Obra.

Quadro 4.6 – IDM: Submissão de proposta de preços ao DO

<b>Nome</b>	<b>1.6 Submissão de proposta de preços ao DO</b>
<b>Tipo</b>	<b>Tarefa</b>
<b>Descrição</b>	Após o cálculo dos preços, tendo em conta o requisito de troca <b>ER Proposta de preços</b> , o empreiteiro/Entidade de concepção e construção apresenta a proposta de preços ao Dono de Obra para aprovação.

Quadro 4.7 – IDM: Análise da proposta do Empreiteiro/ECC

<b>Nome</b>	<b>1.7 Análise da proposta do Empreiteiro/ECC</b>
<b>Tipo</b>	<b>Tarefa</b>
<b>Descrição</b>	Após receber a proposta de preços do empreiteiro ou Entidade de concepção e construção, o Dono de Obra efectua a sua análise tendo em conta o Requisito de Troca <b>ER Proposta de Preços</b> . Se a proposta for aceite, o Empreiteiro ou Entidade de concepção e construção procede à fase de produção. No caso de não a aceitar, o DO efectua uma comunicação de rejeição da proposta ao Empreiteiro, ou à Entidade de Concepção e Construção.

Quadro 4.8 – IDM: Esclarecimento do DO

<b>Nome</b>	<b>1.8 Esclarecimento do DO</b>
<b>Tipo</b>	<b>Tarefa</b>
<b>Descrição</b>	No caso da não aceitação de resultados por parte do empreiteiro ou Entidade de concepção e construção, ou Projectista, e no caso de não existirem erros e omissões, o Dono de Obra apresenta esclarecimentos à entidade que efectuou o pedido.

## Definição de pontos de decisão

Quadro 4.9 – IDM: Projectista/ Entidade de concepção e construção aceita resultados?

<b>Nome</b>	<b>1. Projectista/ Entidade de concepção e construção aceita resultados?</b>
<b>Tipo</b>	<b>Decisão</b>
<b>Descrição</b>	Se na análise da documentação do Dono de Obra os Projectistas / Entidade de concepção e construção encontrarem erros e omissões, é efectuado um pedido de esclarecimentos ao Dono de Obra.

Quadro 4.10 – IDM: DO aceita resultados?

<b>Nome</b>	<b>2. DO aceita resultados?</b>
<b>Tipo</b>	<b>Decisão</b>
<b>Descrição</b>	Após efectuar a análise ao Mapa de quantidades submetido pelos projectistas/Entidade de concepção e construção, e se este for aceite, o DO envia-o ao Empreiteiro ou à Entidade de concepção e construção. Caso contrário, o DO efectua uma comunicação de não aceitação aos projectistas ou à Entidade de concepção e construção.

Quadro 4.11 – IDM: Empreiteiro aceita resultados?

<b>Nome</b>	<b>3. Empreiteiro aceita resultados?</b>
<b>Tipo</b>	<b>Decisão</b>
<b>Descrição</b>	Se na análise da documentação de concurso o Empreiteiro / Entidade de concepção e construção encontrar erros e omissões, este efectua um pedido de esclarecimento ao Dono de Obra.

Quadro 4.12 – IDM: Há erros e omissões?

<b>Nome</b>	<b>4. Há erros e omissões?</b>
<b>Tipo</b>	<b>Decisão</b>
<b>Descrição</b>	Se após a análise da documentação de concurso forem encontrados erros e omissões, o Dono de Obra rejeita os resultados e emite uma declaração de não aceitação aos Projectistas ou Entidade de concepção e construção. Se não existirem erros e omissões, o Dono de Obra submete um esclarecimento à entidade que efectuou o pedido.

Quadro 4.13 – IDM: Esclarecimento

<b>Nome</b>	<b>5. Esclarecimento</b>
<b>Tipo</b>	<b>Complexo</b>
<b>Descrição</b>	O Dono de Obra pode ser solicitado a efectuar esclarecimentos aos Projectistas, Empreiteiro / Entidade de concepção e construção, caso existam dúvidas em relação ao conteúdo das propostas.

Quadro 4.14 – IDM: DO aceita proposta do Empreiteiro/ECC?

<b>Nome</b>	<b>6. DO aceita proposta do Empreiteiro/ECC?</b>
<b>Tipo</b>	<b>Decisão</b>
<b>Descrição</b>	Após receber a proposta de preços do Empreiteiro / Entidade de concepção e construção, o Dono de Obra procede à sua análise. Caso os resultados sejam aceites, o Empreiteiro / Entidade de concepção e construção pode proceder à fase de produção. Se a proposta de preços do Empreiteiro / Entidade de concepção e construção for rejeitada, é efectuada uma comunicação de não aceitação ao Empreiteiro / Entidade de concepção e construção.

#### 4.1.1.2 Processo colaborativo entre Empreiteiro/Entidade de Concepção e Construção e Subempreiteiros e/ou Fornecedores.

Neste estudo foi considerado o mesmo processo para a colaboração entre Empreiteiro/ Entidade de Concepção e Construção e Subempreiteiros e/ou Fornecedores tendo em conta os contratos tipo Concepção-Concurso-Construção (CCC) e Concepção-Construção (CC).

O processo colaborativo, bem como a especificação dos vários pontos de decisão definidos nos mapas de processos estão definidos no mapa de processos MP 3 – representado na Figura 4.6 - e são descritos nos Quadros 4.15 a 4.24.

Os processos privados e as vistas públicas que serviram de base à elaboração do processo colaborativo foram modelados nos mapas de processo: MP 8, MP 10 e MP 11 e MP 12, encontrando-se na secção 8.1 dos Anexos.

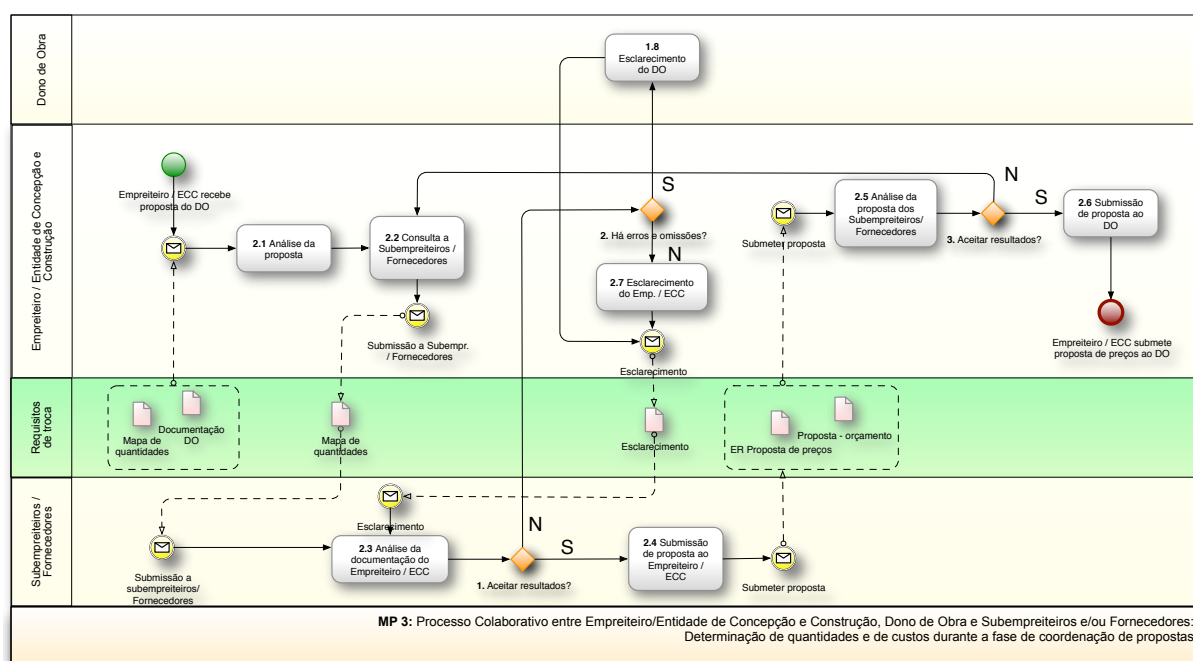


Figura 4.7 – Mapa de processos MP 3: Processo colaborativo entre Empreiteiro/ECC, Subempreiteiros e/ou Fornecedores e Dono de Obra

Quadro 4.15 – IDM: Análise da proposta

<b>Nome</b>	<b>2.1 Análise da proposta</b>
<b>Tipo</b>	<b>Tarefa</b>
<b>Descrição</b>	Após receber a documentação e o mapa de quantidades validado pelo DO, o empreiteiro efectua a sua análise tendo em conta as considerações para o cálculo de quantidades e custos.

Quadro 4.16 – IDM: Consulta a subempreiteiros/fornecedores

<b>Nome</b>	<b>2.2 Consulta a subempreiteiros/fornecedores</b>
<b>Tipo</b>	<b>Tarefa</b>
<b>Descrição</b>	Após a análise da documentação e mapa de quantidades validado pelo DO, e tendo em conta a natureza dos trabalhos necessária serão efectuadas consultas a Subempreiteiros e/ou Fornecedores.

Quadro 4.17 – IDM: Análise da documentação do Empreiteiro/ECC

<b>Nome</b>	<b>2.3 Análise da documentação do Empreiteiro / ECC</b>
<b>Tipo</b>	<b>Tarefa</b>
<b>Descrição</b>	Após receber o mapa de quantidades do empreiteiro ou Entidade de concepção e construção, os fornecedores e/ou subempreiteiros procedem à análise da documentação. Se encontrarem erros e omissões, é efectuado um pedido de esclarecimento ao Empreiteiro.

Quadro 4.18 – IDM: Submissão de proposta ao Empreiteiro/ECC

<b>Nome</b>	<b>2.4 Submissão de proposta ao Empreiteiro/ECC</b>
<b>Tipo</b>	<b>Tarefa</b>
<b>Descrição</b>	Após o cálculo dos preços, tendo em conta o requisito de troca <b>ER Proposta de preços</b> , os subempreiteiros/fornecedores apresentam a proposta de preços ao Empreiteiro para aprovação.

Quadro 4.19 – IDM: Análise da proposta dos subempreiteiros/fornecedores

<b>Nome</b>	<b>2.5 Análise da proposta dos subempreiteiros/fornecedores</b>
<b>Tipo</b>	<b>Tarefa</b>
<b>Descrição</b>	Após receberem a proposta dos subempreiteiros/fornecedores, o Empreiteiro/ Entidade de concepção e construção efectua a análise da mesma. Se aceitarem os resultados procedem ao cálculo de preços, caso contrário é efectuada uma nova consulta a subempreiteiros/fornecedores.

Quadro 4.20 – IDM: Submissão de proposta ao DO

<b>Nome</b>	<b>2.6 Submissão de proposta ao DO</b>
<b>Tipo</b>	<b>Tarefa</b>
<b>Descrição</b>	Após o cálculo dos preços, o empreiteiro/Entidade de concepção e construção apresenta a proposta de preços ao Dono de Obra para aprovação.

Quadro 4.21 – IDM: Esclarecimento do Empreiteiro

<b>Nome</b>	<b>2.7 Esclarecimento do Empreiteiro</b>
<b>Tipo</b>	<b>Tarefa</b>
<b>Descrição</b>	No caso da não aceitação de resultados por parte dos fornecedores/subempreiteiros, e não existindo erros e omissões, o Empreiteiro apresenta esclarecimentos aos fornecedores/subempreiteiros. Se existirem erros e omissões, o esclarecimento é efectuado pelo Dono de Obra (tarefa <b>1.8 Esclarecimento do DO</b> ) .



## Definição de pontos de decisão

Quadro 4.22 – IDM: Subempreiteiros/Fornecedores aceitam mapa de quantidades?

<b>Nome</b>	<b>1. Subempreiteiros/Fornecedores aceitam mapa de quantidades?</b>
<b>Tipo</b>	<b>Decisão</b>
<b>Descrição</b>	Se na análise do mapa de quantidades os Subempreiteiros/Fornecedores encontrarem erros e omissões, efectuem um pedido de esclarecimentos ao Empreiteiro.

Quadro 4.23 – IDM: Há erros e omissões?

<b>Nome</b>	<b>2. Há erros e omissões?</b>
<b>Tipo</b>	<b>Decisão</b>
<b>Descrição</b>	Se for determinado que existem erros e omissões, o Empreiteiro/ECC efectua um pedido de esclarecimentos ao Dono de Obra, finalizando assim o processo. Se não existirem erros e omissões, o Empreiteiro/ECC submete um esclarecimento aos Subempreiteiros/Fornecedores.

Quadro 4.24 – IDM: Empreiteiro/ECC aceita proposta dos fornecedores/subempreiteiros?

<b>Nome</b>	<b>3. Empreiteiro/ECC aceita proposta dos fornecedores/subempreiteiros?</b>
<b>Tipo</b>	<b>Decisão</b>
<b>Descrição</b>	Após receber a proposta de preços dos fornecedores/subempreiteiro, o Empreiteiro / Entidade de concepção e construção procede à sua análise. Caso os resultados sejam aceites, procede ao cálculo dos preços, tendo em conta a proposta dos subempreiteiros/fornecedores. Se a proposta de preços dos subempreiteiros/fornecedores for rejeitada, é efectuada uma nova consulta a subempreiteiros/fornecedores.

## 4.2. Serviços e Dados

### 4.2.1. Especificação de dados

Nos quadros 4.25 a 4.30 são apresentadas as várias mensagens/dados trocadas entre os intervenientes nos processos colaborativos definidos. Na secção 4.2.2 são detalhados os requisitos de troca.

Quadro 4.25 – IDM: ER Determinação de quantidades

<b>Nome</b>	<b>ER Determinação de quantidades</b>
<b>Tipo</b>	<b>Dados – Requisito de Troca</b>
<b>Descrição</b>	Requisito de Troca que especifica a determinação de quantidades para o cálculo de custos após a elaboração de propostas.

Quadro 4.26 – IDM: ER Determinação de preços

<b>Nome</b>	<b>ER Determinação de preços</b>
<b>Tipo</b>	<b>Dados – Requisito de Troca</b>
<b>Descrição</b>	Requisito de Troca que especifica a organização e método de cálculo dos custos a partir das quantidades determinadas.

Quadro 4.27 – IDM: Mapa de quantidades

<b>Nome</b>	<b>Mapa de quantidades</b>
<b>Tipo</b>	<b>Dados</b>
<b>Descrição</b>	Relatório resultante do Requisito de troca <b>ER Determinação de quantidades</b> .

Quadro 4.28 – IDM: Proposta - Orçamento

<b>Nome</b>	<b>Proposta - Orçamento</b>
<b>Tipo</b>	<b>Dados</b>
<b>Descrição</b>	Relatório resultante do Requisito de troca <b>ER Determinação de preços</b> .

Quadro 4.29 – IDM: Requisitos Dono de Obra

<b>Nome</b>	<b>Requisitos Dono de Obra</b>
<b>Tipo</b>	<b>Dados</b>
<b>Descrição</b>	Os requisitos do Dono de Obra são compilados no Programa Preliminar que deverá conter os seguintes elementos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Objectivos da obra;</li> <li>- Características gerais da obra;</li> <li>- Dados sobre a localização do empreendimento;</li> <li>- Elementos topográficos, cartográficos e geotécnicos;</li> <li>- Levantamento de construções existentes e de redes de infra-estruturas locais, coberto vegetal e características ambientais;</li> <li>- Dados relativos às exigências de comportamento, funcionamento e conservação da obra;</li> <li>- Indicações relativas ao funcionamento do empreendimento;</li> <li>- Estimativa de custos e limite de desvios;</li> <li>- Indicação geral de prazos para elaboração do projecto e execução da obra.</li> </ul>

Quadro 4.30 – IDM: Esclarecimento

<b>Nome</b>	<b>Esclarecimento</b>
<b>Tipo</b>	<b>Dados</b>
<b>Descrição</b>	Esclarecimento acerca de erros e omissões que pode ser efectuado pelo Empreiteiro ou Dono de Obra, sendo no entanto da responsabilidade do Dono de Obra, tal como definido no Código dos Contratos Públicos (CCP) (MOPTC, 2008a).

#### 4.2.2. Definição de requisitos de troca

Nesta secção especificam-se em detalhe os requisitos de troca utilizados nos processos colaborativos definidos, nomeadamente **ER Determinação de Quantidades** e **ER Determinação de Preços**, de acordo com a metodologia IDM. Na definição dos requisitos de troca foi tida em conta a especificação do modelo de dados IFC (IAI, 2011). Foram ainda consideradas as especificações resultantes da metodologia IDM (IAI, 2006), e é definido o suporte de dados.

##### 4.2.2.1 Requisito de troca ER Determinação de Quantidades

O objectivo deste requisito de troca é permitir a troca de informações relativa a edifícios, espaços que os constituem, quantidades e descrições dos elementos com o objectivo de permitir a determinação de custos através de quantidades.

Este requisito de troca requer a existência de um modelo BIM de um edifício a partir do qual as informações geométricas necessárias à elaboração de um mapa de quantidades podem ser obtidas.

O modelo BIM em formato IFC deverá conter as seguintes informações:

- Projecto: Definição do contexto do projecto que define restrições para um modelo baseadas na definição do projecto. Um modelo IFC define que apenas existe uma e só uma especificação de um projecto;
- Estaleiro: O estaleiro representa o local onde serão efectuados os trabalhos de construção. Segundo a definição de *site* no modelo IFC, o estaleiro constitui uma área de terreno na qual a construção é desenvolvida. Devido ao facto de um projecto de construção poder ser desenvolvido em vários locais de trabalho, e devido a apenas poder ser referenciado um projecto ao modelo IFC, uma construção pode recorrer a diversos estaleiros. Estes poderão ser agrupados, ou divididos em estaleiros parciais;
- Edifício: Este requisito de troca pressupõe a definição de um edifício. O edifício é associado a um estaleiro, sendo assim obrigatória a existência de um estaleiro para a definição de um edifício. Um edifício poderá agrupar vários edifícios, constituindo um complexo. Do mesmo modo, um edifício pode ser dividido em várias secções. Cada secção corresponde a uma parte do edifício, sendo que o edifício corresponde à soma das várias secções que o constituem;
- Os vários elementos constituintes de edifícios, nomeadamente elementos estruturais e elementos construtivos, bem como a informação necessária para a obtenção de quantidades.

Nos Quadros 4.31 a 4.34 definem-se em detalhe as várias informações específicas que deverão ser fornecidas sobre o modelo de construção, os actores que fornecem a informação, e referem-se o tipo de suporte de dados. No Quadro 4.34 especificam-se os resultados da aplicação deste requisito de troca, bem como os actores que recebem a informação.

Quadro 4.31 – IDM: Requisito de Troca **ER Determinação de Quantidades** – informação geral

<i>Informação geral</i>			
<b>Tipo de informação</b>	<b>Informação requerida</b>	<b>Actor que fornece a informação</b>	<b>Tipo de dados</b>
<b>Projecto</b>	Nome do projecto	Projectista / Equipa de projecto e construção	string
	Unidades utilizadas ao longo do projecto.		string
	Informação sobre a entidade (nome, morada, contacto)		
	Autor do modelo (nome, morada, contacto)		
<b>Estaleiro</b>	Especificação do nome do local/estaleiro e a sua descrição	Projectista / Equipa de projecto e construção	string
	Elevação de referência acima do nível do mar		real
	Endereço postal		string
<b>Edifício</b>	Identificação e descrição	Projectista / Equipa de projecto e construção	string
	Elevação (relativa ao <i>datum</i> do <i>Site</i> )		real
	Tipo de utilização do edifício		string
	Quantidades do edifício		real
<b>Andar do Edifício</b>	Identificação e descrição	Projectista / Equipa de projecto e construção	string
	Quantidades		real
<b>Espaço</b>	Identificação	Projectista / Equipa de projecto e construção	string
	Descrição		string
	Quantidades		real

Quadro 4.32 – IDM: Requisito de Troca **ER Determinação de Quantidades** – Elementos estruturais

<i>Elementos estruturais</i>			
Tipo de informação	Informação requerida	Actor que fornece a informação	Tipo de dados
<b>Laje</b>	Identificação	Projectista / Equipa de projecto e construção	string
	Tipo de laje (térrea, piso, topo)		string
	Quantidades		real
<b>Viga</b>	Identificação	Projectista / Equipa de projecto e construção	string
	Tipo de viga		string
	Quantidades		real
<b>Pilar</b>	Identificação	Projectista / Equipa de projecto e construção	string
	Tipo de pilar		string
	Quantidades		real
<b>Aberturas</b>	Identificação e descrição	Projectista / Equipa de projecto e construção	string
	Quantidades		real
<b>Cobertura</b>	Identificação	Projectista / Equipa de projecto e construção	string
	Quantidades		real
<b>Outros elementos</b>	Definição do elemento	Projectista / Equipa de projecto e construção	string
	Quantidades		real

Quadro 4.33 – IDM: Requisito de Troca **ER Determinação de Quantidades** – Elementos construtivos

<i>Elementos construtivos</i>			
Tipo de informação	Informação requerida	Actor que fornece a informação	Tipo de dados
<b>Paredes</b>	Identificação	Projectista / Equipa de projecto e construção	string
	Tipo de construção		string
	Exterior ou Interior		string
	Classe de resistência ao fogo		string
	Quantidades		real
<b>Portas</b>	Identificação	Projectista / Equipa de projecto e construção	string
	Tipo de porta		string
	Exterior ou Interior		string
	Classe de resistência ao fogo		string
	Quantidades		real
<b>Janelas</b>	Identificação	Projectista / Equipa de projecto e construção	string
	Tipo de janela		string
	Exterior ou Interior		string
	Classificação de resistência ao fogo		string
	Quantidades		real
<b>Outros elementos</b>	Definição do elemento	Projectista / Equipa de projecto e construção	string
	Quantidades		real

Quadro 4.34 – IDM: Resultados do Requisito de Troca **ER Determinação de Quantidades**

<i>Resultados</i>		
Tipo de resultado	Informação fornecida	Actor(es) que recebe(m) a informação
Modelo BIM	Modelo BIM IFC do edifício proposto que permite a obtenção de quantidades	Dono de Obra
Mapa de quantidades	Mapa de quantidades obtido através do modelo BIM IFC definido de acordo com este requisito de troca	Dono de Obra / Empreiteiro / Fornecedores e Subempreiteiros

#### 4.2.2.2 Requisito de troca ER Determinação de Preços

O objectivo deste requisito de troca é permitir o cálculo de preços baseados nos elementos que serão utilizados na construção do edifício. O custo unitário de cada tipo de elemento é definido por regras fornecidas por um determinado método de medição (e.g. Regras de Medição na Construção, LNEC (Fonseca, 2008)) cuja utilização no projecto é acordada entre os vários intervenientes.

Este requisito de troca pressupõe a definição de um modelo BIM-IFC a partir do qual é possível obter informações necessárias para o cálculo de custos a partir das quantidades dos elementos do modelo, para a determinação de estimativas antes da fase de produção. Assim, o Requisito de Troca ER Determinação de Quantidades constitui um pré-requisito para a definição do modelo BIM-IFC que é trocado.

Este requisito de troca pressupõe a organização dos vários tipos de elementos no modelo BIM em grupos com o objectivo de associar custos a estes grupos. Após a definição dos grupos de custos são determinadas as quantidades e associados os custos unitários aos grupos de custos determinados.

A determinação de custos é efectuada através do produto dos custos unitários pelas quantidades dos grupos de custos correspondentes. Podem ser determinados custos complexos, correspondentes a elementos complexos, constituídos por vários elementos de tipos diferentes. A cada elemento deverá corresponder um código único, permitindo assim a sua utilização em vários elementos complexos.

Para determinar preços de venda unitários, o Empreiteiro/ECC estabelece internamente o *Markup* constituído pelas margens e lucro e risco em forma de percentagem. O *Markup* incide apenas sobre os custos directos, sendo necessário efectuar o produto deste pelo somatório dos custos directos. Os preços de venda têm ainda em conta os custos indirectos e custos de estaleiro. Através da soma de custos indirectos e custos de estaleiro aos custos directos afectados pelo *Markup* obtém-se finalmente os preços de venda unitários.

O orçamento resultante deste requisito de troca deverá resultar do agrupamento de custos e quantidades para cada grupo de elementos definido.

Este requisito de troca suporta ainda a determinação de preços a partir de listas de fornecedores ou subempreiteiros, permitindo a realização de orçamentos antes da fase de produção. No Quadro 4.35 definem-se em detalhe as várias informações específicas que deverão ser fornecidas sobre o modelo de construção, os actores que fornecem essas informações e refere-se o tipo de dados que suportam essas informações. No Quadro 4.36 especificam-se os resultados da aplicação deste requisito de troca, bem como os actores que recebem a informação.

Quadro 4.35 – IDM: Requisito de Troca **ER Determinação de Preços** – adaptado de IAI (2006)

Tipo de informação	Informação requerida	Actor que fornece a informação	Tipo de dados
<b>Pré-requisito</b>	Os requisitos definidos no ER Determinação de Quantidades deverão ser cumpridos.	Projectista / Equipa de projecto e construção	Requisito de troca
<b>Grupos de custos</b>	Nome e descrição	Equipa de concepção e construção / Empreiteiro ou Fornecedores/ Subempreiteiros	string
	Definição do elemento		string
	Código do elemento		string
<b>Quantidades dos grupos de custos</b>	Determinação das quantidades de referência para cada grupo de custos definido.	Equipa de concepção e construção / Empreiteiro ou Fornecedores/ Subempreiteiros	real
<b>Custos para grupos de custos</b>	Associação de custos unitários aos grupos de custo determinados.	Equipa de concepção e construção / Empreiteiro ou Fornecedores/ Subempreiteiros	string
<b>Preços de venda unitários</b>	Os preços de venda unitários são determinados pela soma entre custos directos afectados de <i>Markup</i> e custos indirectos e custos de estaleiro.		real
<b>Orçamento</b>	O orçamento deverá resultar do agrupamento de custos e quantidades para cada grupo de elementos definido. A cada grupo de elementos corresponde uma linha de articulado que deverá incluir:	Equipa de concepção e construção / Empreiteiro ou Fornecedores/ Subempreiteiros	
	Código do elemento		string
	Designação do elemento		string
	Unidade		string
	Quantidade		real
	Preço de venda unitário		real
	Preço total - resultante do produto de preços unitários pelas quantidades.		real

Quadro 4.36 – IDM: Resultados do Requisito de Troca **ER Determinação de Preços**

Tipo de resultado	Informação fornecida	Actor(es) que recebe(m) a informação
Modelo BIM	Modelo BIM IFC do edifício com os elementos agrupados como definido neste Requisito de Troca que permite a obtenção de quantidades e custos	Dono de Obra
Orçamento	Mapa de quantidades obtido através do modelo BIM IFC resultante do agrupamento de custos e quantidades para cada grupo de elementos definido. Descrição de quantidades, unidades utilizadas, custo unitário e preço total.	Dono de Obra / Empreiteiro



## **5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS**

Neste capítulo procede-se à análise e discussão dos resultados obtidos neste estudo.

Na secção 5.1 efectua-se a análise de resultados obtidos através da aplicação do método proposto no contexto da determinação de quantidades e custos na fase de elaboração de propostas e é discutida a adequabilidade do método no contexto definido.

Na secção 5.2 é apresentada a metodologia de testes utilizados com o objectivo de validar as hipóteses de estudo definidas no início da dissertação. Para esse efeito é implementada e testada uma prova de conceito baseada nos resultados do capítulo 4. Finalmente é apresentado o veredicto dos testes.

Na secção 5.3 é analisado o âmbito de aplicação do método proposto, bem como a exequibilidade do mesmo.

Na secção 5.4 analisam-se os resultados obtidos neste estudo com o objectivo de validar o método proposto. Concretamente analisa-se de que forma é que o método proposto responde às hipóteses de estudo e à questão de investigação definidas no início do estudo.

### **5.1. Análise de resultados do método proposto no contexto da determinação de quantidades e custos na fase de elaboração de propostas**

No capítulo 4 efectuou-se a aplicação do método proposto neste estudo à determinação de quantidades e custos na fase de elaboração de propostas, considerando as formas contratuais Concepção-Concurso-Construção (CCC) e Concepção-Construção (CC).

O modelo que vigora actualmente em Portugal é a Concepção-Concurso-Construção, estando os seus trâmites definidos em termos legais pelo Código de Contratos Públicos (CCP) e pelo Decreto-Lei nº18/2008 (MOPTC, 2008a), (MOPTC, 2008b). Dos vários tipos de contratos existentes, o CCC é o menos propício à colaboração entre intervenientes. Ainda assim, recorrendo à metodologia BIM é possível obter projectos muito detalhados, contribuindo para a redução de erros e omissões (Vasconcelos, 2010), (Eastman *et al.*, 2011). As restrições à colaboração, tendo em conta a protecção de propriedade intelectual previstas no método proposto são particularmente relevantes neste tipo de contrato que se caracteriza pela sua natureza competitiva. A aplicação do método proposto neste estudo prevê a agilização dos pedidos de esclarecimentos que possam ocorrer nesta fase, já que as comunicações são definidas a nível de processos e serviços, sendo executadas através de serviços electrónicos, o que contribui para a sua estruturação.

Actualmente o CCP obriga a utilização de plataformas electrónicas no estabelecimento de contratos, quer pelas entidades adjudicantes, quer pelos concorrentes ou candidatos (MOPTC, 2008a). O

método proposto neste estudo constitui assim uma mais valia, visto que fornece meios para possibilitar a contratação electrónica através da sistematização de processos suportados em modelos BIM, e tem em conta a protecção da propriedade intelectual dos vários intervenientes nos processos de contratação, o que é fundamental em relações de natureza comercial.

A integração entre o projecto e a construção prevista no modelo Concepção-Construção tem sido apontada como uma possível forma de reduzir custos e aumentar a produtividade na indústria AEC (Eastman *et al.*, 2011). Este método prevê a determinação de quantidades e de custos pela mesma entidade, permitindo efectuar alterações aos projectos a partir das fases iniciais de concepção, reduzindo custos associados a estas alterações. Os erros e omissões são da responsabilidade da entidade de concepção e construção. Como é possível concluir através dos resultados da aplicação do método proposto neste estudo, o modelo de Concepção-Construção promove uma maior colaboração entre o Dono de Obra e a Entidade de Concepção-Construção.

Através da aplicação do método proposto neste estudo foi ainda possível constatar que o mesmo se mostra apropriado para o estabelecimento de processos colaborativos por uma entidade em diferentes contextos de colaboração. É o que sucede no caso do Empreiteiro que no exemplo proposto apresenta diferentes vistas dos seus processos internos, consoante o cenário de colaboração (colaboração com Dono de Obra, ou com Subempreiteiros/Fornecedores).

A aplicação do método proposto neste estudo demonstra que este se mostra apropriado para efectuar a representação da colaboração apoiada em modelos BIM-IFC tendo em conta vários modelos contratuais que variam no grau de colaboração entre intervenientes. É ainda possível concluir que este método pode constituir uma mais valia no estabelecimento e na verificação das relações contratuais em modelos baseados na IPD, nos quais as relações de colaboração e responsabilidades dos intervenientes são estabelecidas caso a caso (AIA, 2007).

## **5.2. Testes e validação do método proposto**

A realização de testes consiste no processo de procurar erros num determinado sistema através de experimentação. Neste estudo a experimentação é efectuada em ambiente controlado e em condições pré-determinadas. É de notar que a realização de testes apenas pode mostrar a presença de erros, e não a sua ausência (Tretmans, 2001).

Contrariamente ao que acontece noutros sectores que utilizam tecnologias CAD/CAE em ambientes industriais complexos, o desenvolvimento de modelos de dados na indústria AEC (e.g. IFC e CIS/2) não tem sido acompanhado pela elaboração de metodologias específicas para efectuar testes de conformidade (Lipman *et al.*, 2011). Por esta razão, para efectuar a definição e realização de testes

neste estudo recorre-se aos princípios da metodologia ISO-9646: “OSI *Conformance Testing Methodology and Framework*” (ISO, 1991).

A metodologia ISO-9646 prevê a especificação de uma bateria de testes, a partir de requisitos definidos inicialmente para o sistema a ser testado. Os testes definidos são aplicados a uma prova de conceito, que constitui o cenário considerado para os testes. Através da execução dos testes definidos e da observação dos resultados obtidos é possível obter um veredicto sobre a conformidade do sistema definido dentro das condições de testes definidas inicialmente (ISO, 1991). A metodologia de testes seguida neste estudo é baseada na metodologia ISO-9646 e apresenta-se esquematicamente na Figura 5.1.

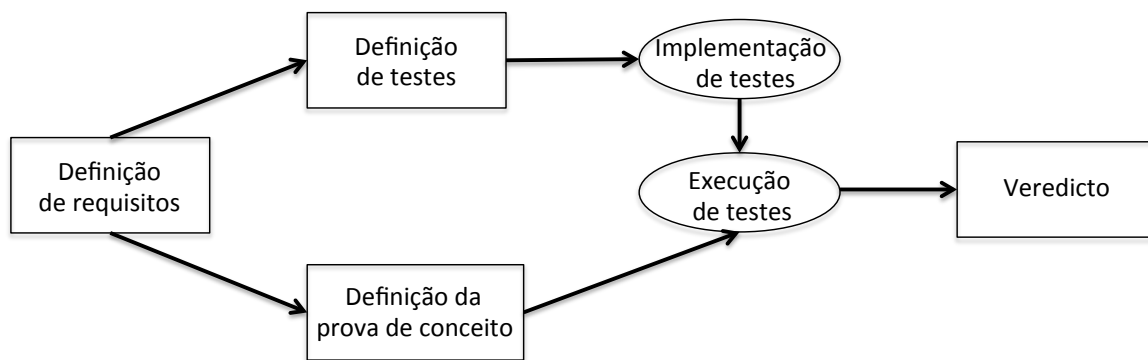


Figura 5.1 – Metodologia de testes adaptada de ISO-9646: “OSI *Conformance Testing Methodology and Framework*” – adaptado de ISO (1991)

Os testes realizados neste estudo foram efectuados sob a supervisão de Pedro Maló e Ruben Costa. A metodologia adoptada na execução dos testes tem em conta os princípios da metodologia ISO-9646, bem como a metodologia de testes proposta por Costa (2007). Seguidamente apresentam-se as várias ferramentas utilizadas na validação do método proposto na secção 5.2.1. Na secção 5.2.2 são definidos os vários testes e apresentados os resultados obtidos aquando da sua execução.

### 5.2.1. Identificação de soluções tecnológicas utilizadas na validação do método proposto

Os testes realizados neste estudo focam-se na validação da dimensão de processos do método proposto. O propósito desta validação é o de demonstrar tecnologicamente a possibilidade da definição de um ambiente de colaboração através da modelação e execução de processos colaborativos entre intervenientes da indústria da construção. O ambiente de colaboração definido tem em conta as definições de processos privados e vistas públicas tal como definidas no método proposto com o objectivo de proteger a propriedade intelectual dos vários intervenientes que participam nos processos colaborativos.

Na realização dos testes recorreu-se às ferramentas Maestro e Nehemiah que foram desenvolvidas no âmbito do projecto ATHENA-IP (ATHENA-IP, 2010). No Quadro 5.1 apresenta-se a utilização das várias ferramentas de acordo com os passos do método proposto.

Quadro 5.1 – Ferramentas utilizadas nos testes ao método proposto

	Definição e Execução de processos	Ferramenta
<b>Modelação</b>	1) Definição de processos privados	Maestro
	2) Definição de vistas públicas	
	3) Definição de processo colaborativo	
<b>Execução</b>	Execução de processos colaborativos	Nehemiah

### 5.2.2. Definição de testes

O objectivo desta secção do trabalho é o de especificar os testes que serão realizados para verificar a validade do modelo proposto face às hipóteses de estudo consideradas inicialmente. Os testes definidos focam-se na representação dos processos de negócio colaborativos, na ligação entre estes aos processos privados das entidades.

No Quadro 5.2 apresentam-se os testes considerados neste estudo, bem como os requisitos associados.

Quadro 5.2 – Definição de testes e requisitos associados – adaptado de Costa (2007)

Testes	Requisitos
--------	------------

<b>Teste 1</b>	Modelação de processos privados	Os intervenientes deverão poder modelar os seus processos privados
<b>Teste 2</b>	Definição de vistas públicas	Os intervenientes deverão poder criar abstrações nos seus processos privados através da criação de vistas públicas destes processos
<b>Teste 3</b>	Definição de processos colaborativos	Os intervenientes deverão poder definir processos colaborativos através da combinação das vistas públicas dos seus processos
<b>Teste 4</b>	Execução de processos colaborativos	Os intervenientes deverão poder executar o processo colaborativo definido

### 5.2.3. Definição da prova de conceito

Após a definição dos vários testes que serão realizados com o objectivo de validar o método proposto face às hipóteses de estudo definidas, é necessário definir uma prova de conceito, que consiste na aplicação dos testes definidos num contexto específico. Tendo em conta os resultados apresentados na secção 4.1, os testes serão aplicados no contexto da determinação de quantidades e de custos na fase de preparação de obra, considerando o método de Concepção-Construção. Na definição da prova de conceito consideram-se o processo colaborativo entre Dono de Obra e Entidade de Concepção e Construção definido no mapa de processos MP2 representado na Figura 4.6, bem como os seus processos privados e vistas públicas, correspondentes aos mapas de processos MP 6 e MP 9 definidos na secção 8.1 dos Anexos. Consideram-se igualmente os Requisitos de Troca **ER Determinação de Quantidades** e **ER Determinação de Custos**.

Dado que os vários tipos de processos foram definidos na linguagem de modelação BPMN, e a ferramenta Maestro utiliza uma linguagem de modelação própria, apresenta-se na Figura 5.2 a correspondência entre os elementos utilizados nos processos definidos nesta prova de conceito.

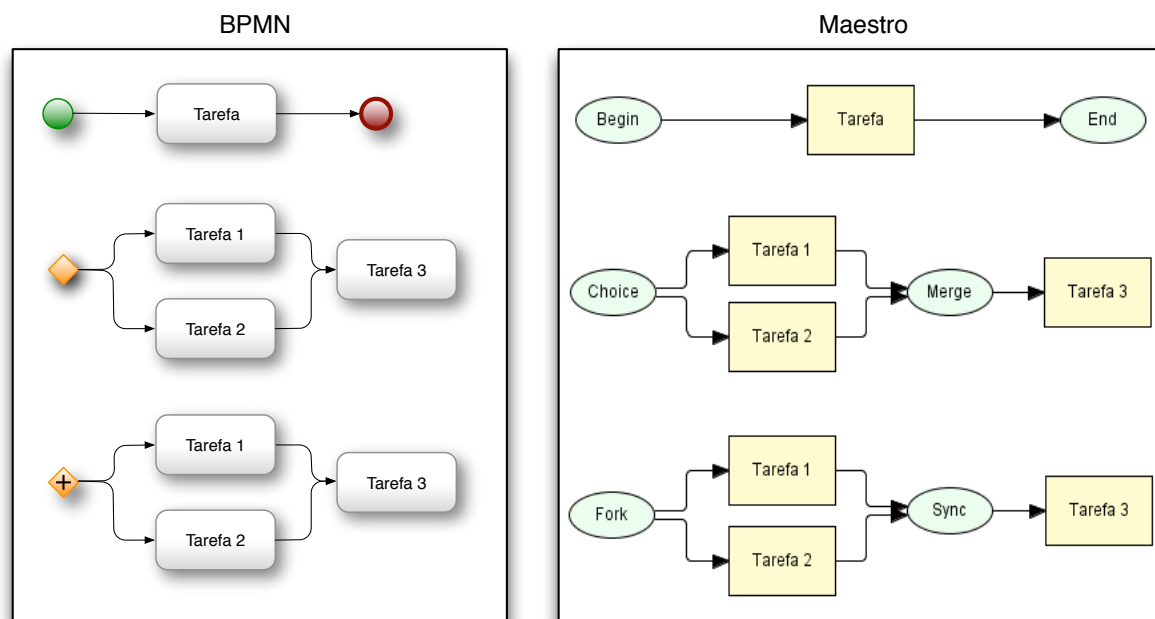


Figura 5.2 – Correspondência entre os elementos utilizados na metodologia BPMN e Maestro na definição da prova de conceito

#### 5.2.4. Aplicação dos testes

Nesta secção apresenta-se a aplicação dos testes definidos no contexto da determinação de quantidades e de custos na fase de preparação de obra, considerando o método de Concepção-Construção. Os vários testes são definidos detalhadamente incluindo objectivos, pré-requisitos, ferramentas utilizadas e veredicto nos Quadros 5.3 a 5.7.

##### 5.2.4.1 Modelação de processos privados

Quadro 5.3 – Modelação de processos privados

Teste 1 - Modelação de processos privados	
Item	Descrição
Objectivo	Os intervenientes deverão poder modelar os seus processos privados
Pré-requisitos	Não Existem
Ferramentas utilizadas	Maestro
Condições	O resultado deste teste consiste na representação de processos privados executáveis dos intervenientes
Estado	Aceite

Na modelação dos processos privados foi utilizada a ferramenta Maestro. Seguidamente apresenta-se a representação do processo privado do Dono de Obra na Figura 5.3.

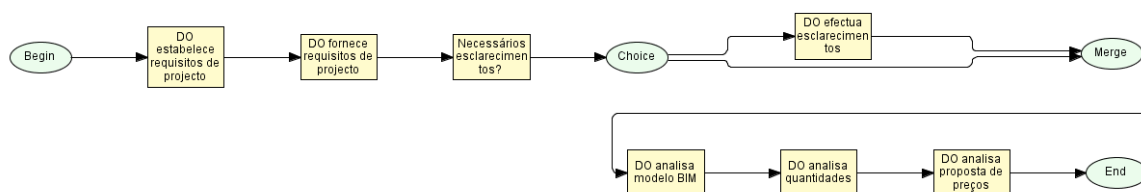


Figura 5.3 – Modelação do processo privado do Dono de Obra na ferramenta Maestro

Na definição do processo privado do Dono de Obra foi necessário definir uma condição *Choice – Merge*. Neste caso é necessário definir as condições que definem o fluxo do processo definido num ficheiro do tipo XSD cujo nome deverá começar por “WRD”, e atribuir condições aos fluxos no processo, com base no ficheiro XSD definido.

Foi definido o ficheiro “WRDData\_Dono\_de\_Obra.xsd”, e em seguida foram definidas as condições na ferramenta Maestro. Na Figura 5.4 mostra-se o caso em que são pedidos esclarecimentos ao Dono de Obra.

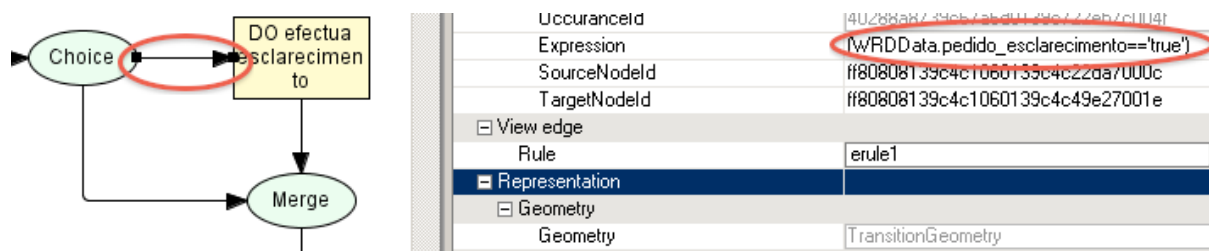


Figura 5.4 – Definição de condição do tipo *Choice – Merge* no processo privado do Dono de Obra na ferramenta Maestro

#### 5.2.4.2 Definição de vistas públicas

Quadro 5.4 – Definição de vistas públicas

Teste 2 - Definição de vistas públicas	
Item	Descrição
Objectivo	Os intervenientes deverão poder criar abstracções nos seus processos privados através da criação de vistas públicas destes processos
Pré-requisitos	Teste 1 - Aceite
Ferramentas utilizadas	Maestro
Condições	O resultado deste teste consiste na representação de vistas públicas executáveis dos processos internos dos intervenientes
Estado	Aceite

Recorrendo à funcionalidade *Business Process Analysis* da ferramenta *Maestro* é possível definir vistas públicas a partir de processos privados. Na definição de vistas públicas neste estudo recorreu-se à modelação “*inside out*” que consiste na definição de vistas públicas a partir dos processos internos dos intervenientes (Costa, 2007), (Greiner *et al.*, 2007).

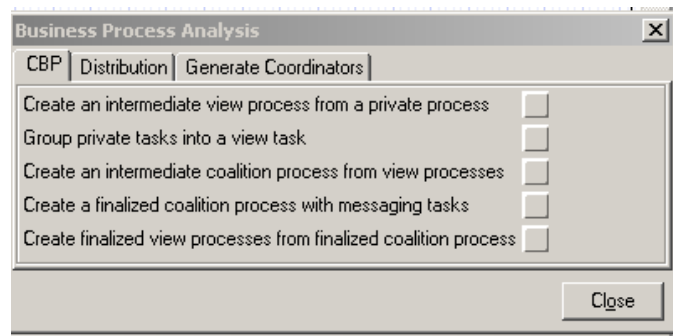


Figura 5.5 – *Business Process Analysis* – Ferramenta *Maestro*

O processo de modelação das vistas públicas consiste na elaboração de uma vista intermédia de um processo privado através da funcionalidade *Business Process Analysis*. Na ferramenta *Maestro* seleccionam-se as várias tarefas que devem ser combinadas para constituir as tarefas do processo público. Na Figura 5.6 mostra-se a representação da vista pública do Dono de Obra.

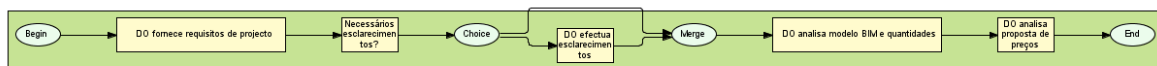


Figura 5.6 – Representação da vista pública do Dono de Obra na ferramenta *Maestro*

Como é possível verificar na Figura 5.6 foram abstraídos os passos de estabelecimento de requisitos de projecto e as actividades de análise de modelo BIM e de quantidades foram agrupadas na actividade “DO analisa proposta”.



### 5.2.4.3 Definição de processos colaborativos

Quadro 5.5 – Definição de processos colaborativos

Teste 3 - Definição de processos colaborativos	
Item	Descrição
Objectivo	Os intervenientes deverão poder definir e partilhar o processo colaborativo
Pré-requisitos	Teste 2 - Aceite
Ferramentas utilizadas	Maestro
Condições	Não deverão ocorrer perdas de informação durante a definição do processo colaborativo. Todos os intervenientes considerados deverão poder representar as vistas públicas dos seus processos no processo colaborativo.
Estado	Aceite

Após a definição dos processos públicos é possível definir o processo colaborativo. Este deverá ser definido em conjunto pelos vários intervenientes. Na definição do processo colaborativo recorreu-se novamente à funcionalidade *Business Process Analysis* da ferramenta Maestro. É definido um processo colaborativo intermédio (*Coalition Process*) a partir da selecção dos processos públicos definidos e da sua intercalação, definindo assim a sequência entre actividades no processo colaborativo (Costa, 2007) - Figura 5.7.

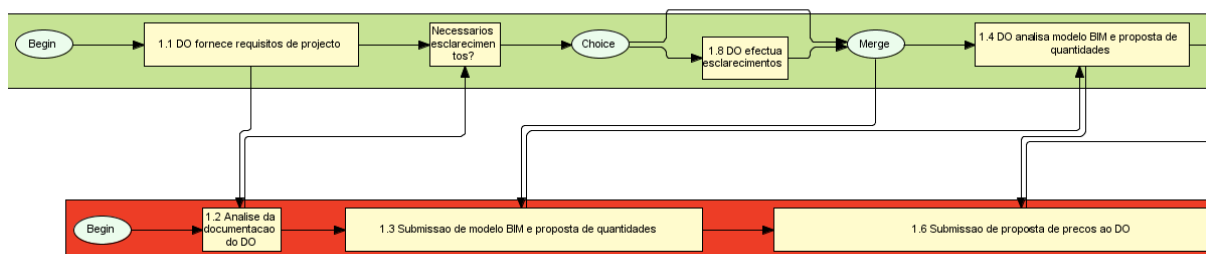


Figura 5.7 – Definição do processo colaborativo intermédio (*Coalition Process*) na ferramenta Maestro

Após a definição do processo colaborativo intermédio (*Coalition Process*), é possível definir o processo colaborativo final, especificando as tarefas em que ocorrem trocas de dados através de serviços - Figura 5.8.

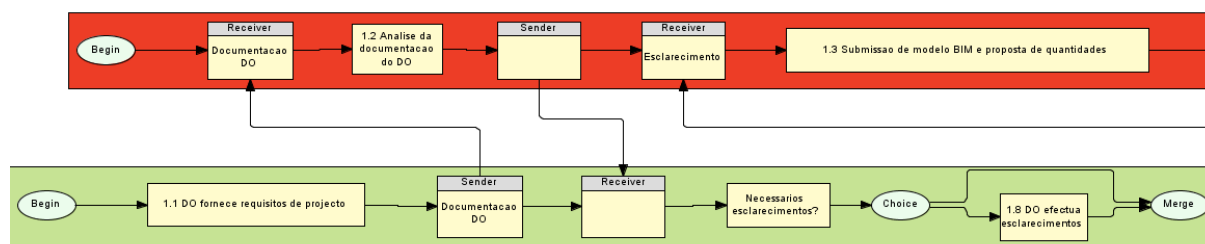


Figura 5.8 – Definição do processo colaborativo (CBP) especificando trocas de mensagens e dados através de serviços

#### 5.2.4.4 Execução de processos colaborativos

Quadro 5.6 – Execução de processos colaborativos

Teste 4 – Execução de processos colaborativos	
Item	Descrição
<b>Objectivo</b>	Os intervenientes deverão poder executar o processo colaborativo definido
<b>Pré-requisitos</b>	Teste 3 - Aceite
<b>Ferramentas utilizadas</b>	Maestro, Nehemiah
<b>Condições</b>	Não deverão ocorrer perdas de informação durante a transformação, importação e exportação de modelos. No final deste teste deverá ser permitida a execução do processo definido em <i>run time</i> .
<b>Estado</b>	Aceite

Os serviços que definem as trocas de dados e mensagens nos processos colaborativos podem ser definidos nos nós de envio - *Sender* - e de recepção - *Receiver* - do processo colaborativo. Para estabelecer trocas de dados e mensagens através de serviços é necessário definir os vários campos das mensagens e dados a enviar no ficheiro WRD do interveniente que fornece o serviço. Dependendo do contexto da colaboração, cada serviço recorre a diferentes campos do ficheiro WRD, sendo necessário efectuar o mapeamento dos campos do ficheiro WRD aos serviços. Em anexo, na secção 8.2, apresentam-se os ficheiros WRD do Dono de Obra e da Entidade de Concepção e Construção.

Para dar início à execução do processo colaborativo definido (CBP) é necessário recorrer à ferramenta Nehemiah e escolher a opção “CBP (*by process*)” (Figura 5.9). Através desta opção é possível garantir que as actividades e serviços definidos são activados. A ferramenta Nehemiah invoca os processos e serviços definidos anteriormente na ferramenta Maestro, sendo as várias mensagens trocadas ao longo do processo colaborativo (Costa, 2007).

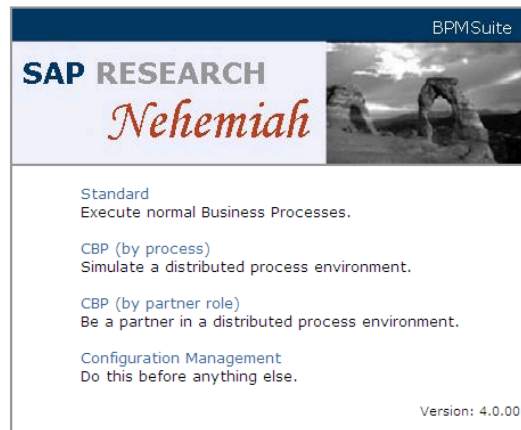


Figura 5.9 – Menu de início do Nehemiah

O primeiro passo consiste na escolha do actor com o qual o utilizador quer prosseguir, bem como qual o actor que dá início ao processo – “*initiator*” – neste caso o Dono de Obra. Como é possível ver na Figura 5.10, cada actor tem acesso a todas as vistas públicas definidas, mas apenas tem acesso aos seus processos internos.



Figura 5.10 – Acesso a vistas públicas e processos privados no Nehemiah - Dono de Obra e Entidade de Concepção e Construção

Seguidamente mostra-se a execução do processo colaborativo na ferramenta Nehemiah e a sua comparação passo a passo com o processo colaborativo definido no mapa de processos MP 2.

O processo inicia-se com a definição e envio dos requisitos de projecto por parte do Dono de Obra. Na Figura 5.12 é possível verificar que a actividade “1.1 DO fornece requisitos de projecto” foi iniciada. Para a sua conclusão e envio da documentação à Entidade de Concepção e Construção é necessário que o Dono de Obra complete ambas as actividades associadas à actividade 1.1 - Figura 5.13.

Na Figura 5.11 mostra-se a legenda de estado de actividades.

### Legenda

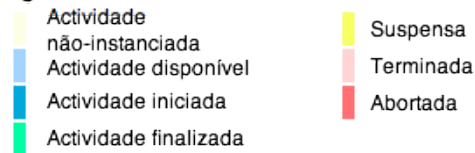


Figura 5.11 – Legenda de estado de actividades no Nehemiah

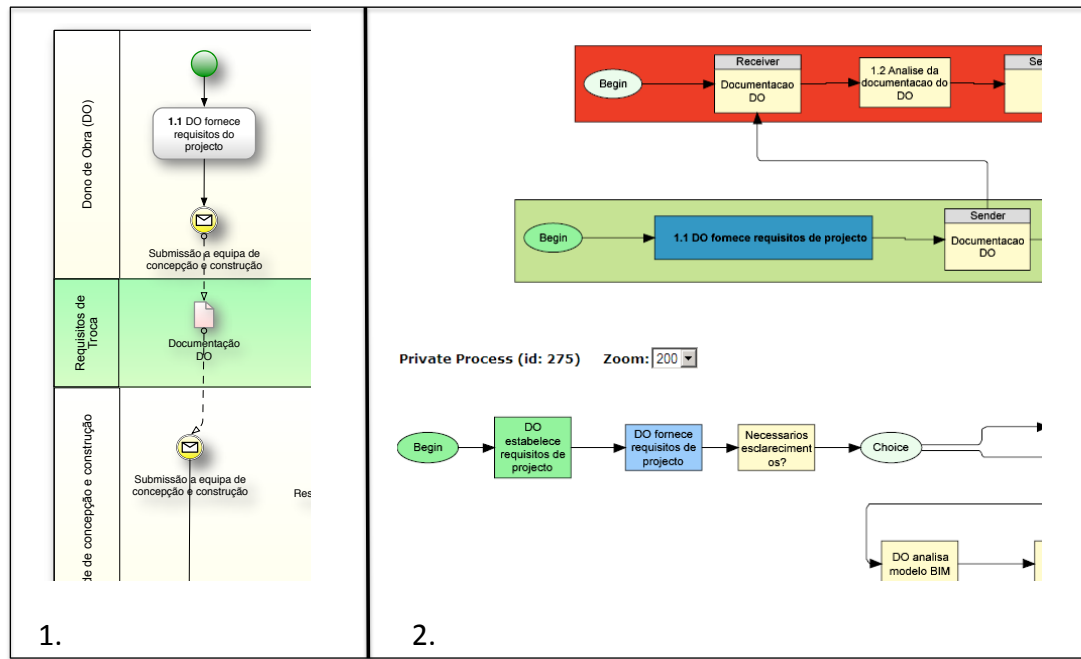


Figura 5.12 – Definição de requisitos de projecto pelo Dono de Obra – 1. Processo colaborativo representado no MP 2; 2. visão de processo privado e processo colaborativo no Nehemiah

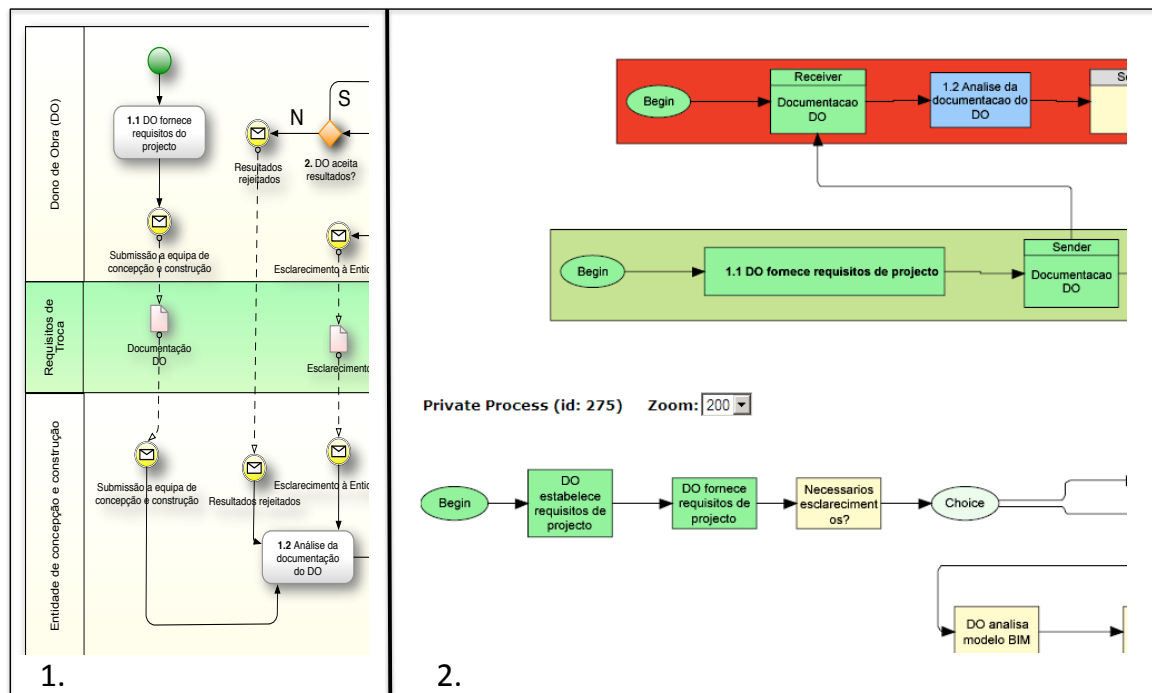


Figura 5.13 - Definição de requisitos de projecto pelo Dono de Obra – 1. Processo colaborativo representado no MP 2; 2. visão de processo privado e processo colaborativo no Nehemiah

Após receber a documentação do Dono de Obra, a Entidade de Concepção e Construção pode proceder a um pedido de esclarecimentos antes de submeter a sua proposta de projecto e quantidades - Figura 5.14. Caso seja efectuado um pedido de esclarecimentos, o Dono de Obra terá de o efectuar de modo a que a Entidade de Concepção e Construção possa prosseguir na elaboração da sua proposta de projecto e quantidades. Na Figura 5.15 é possível constatar que o Dono de Obra enviou o esclarecimento, podendo a Entidade de Concepção e Construção dar início à actividade “1.3 Submissão de proposta de modelo BIM e quantidades”.

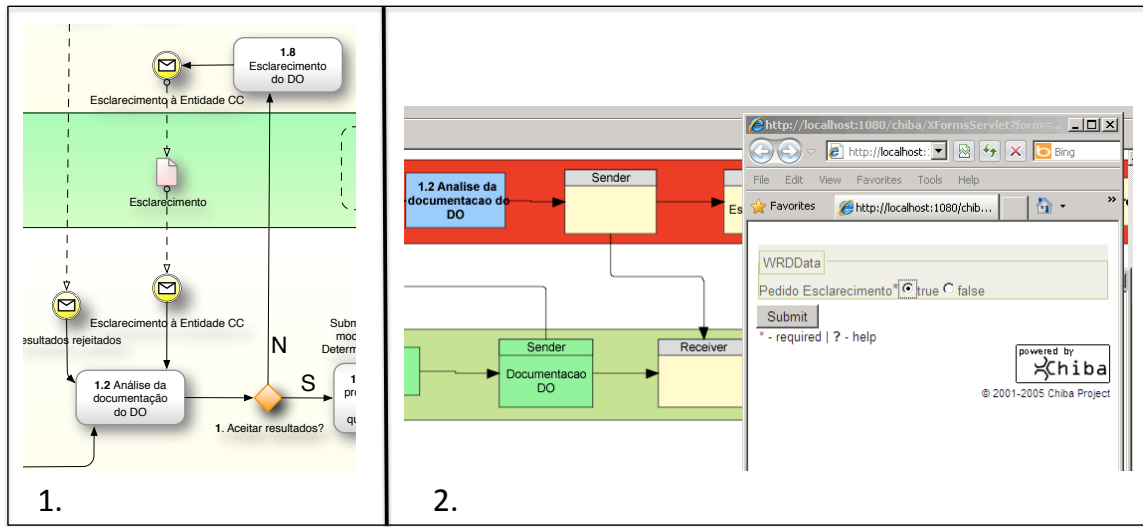


Figura 5.14 – Entidade de Concepção e Construção efectua um pedido de esclarecimentos ao Dono de Obra – 1. Processo colaborativo representado no MP 2; 2. visão de processo colaborativo no Nehemiah

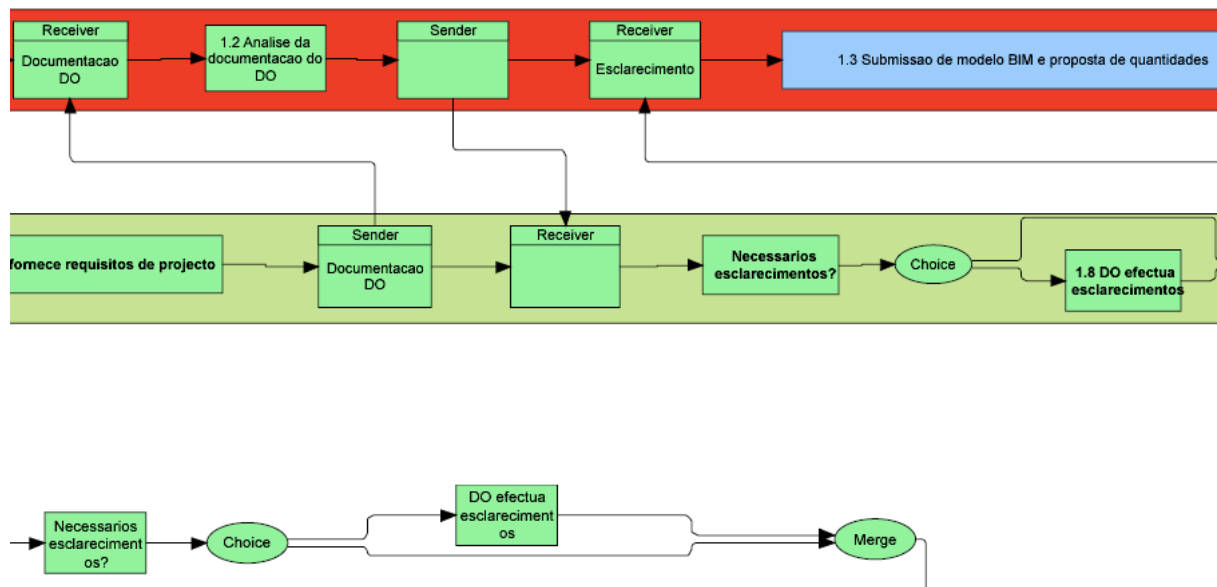


Figura 5.15 – Dono de Obra envia esclarecimentos à Entidade de Concepção e Construção

Após a submissão de proposta em modelo BIM por parte da Entidade de Concepção e Construção, o Dono de Obra procede à sua análise. Como é possível ver na Figura 5.17, a actividade “1.4 DO analisa modelo BIM e proposta de quantidades” foi iniciada, mas o processo colaborativo depende da finalização do processo privado “DO analisa quantidades” para continuar. Nesta fase o Dono de Obra pode aceitar ou rejeitar a proposta da Entidade de Concepção e Construção. O Dono de Obra comunica a sua decisão escolhendo o estado da actividade – *Completed*, no caso de aceitação da proposta; *Terminated*, no caso de rejeição - Figura 5.16.

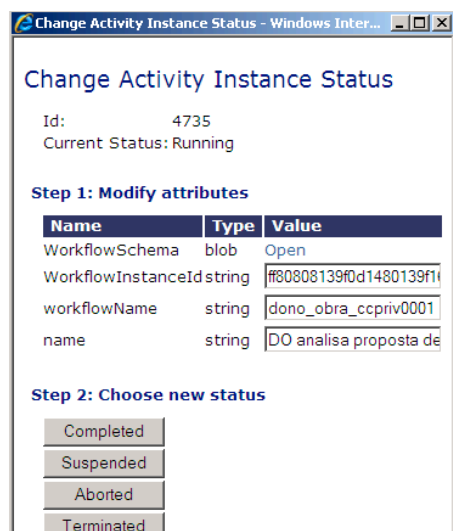


Figura 5.16 – Janela de escolha de estado da actividade – – Dono de Obra analisa proposta de quantidades da Entidade de Concepção e Construção

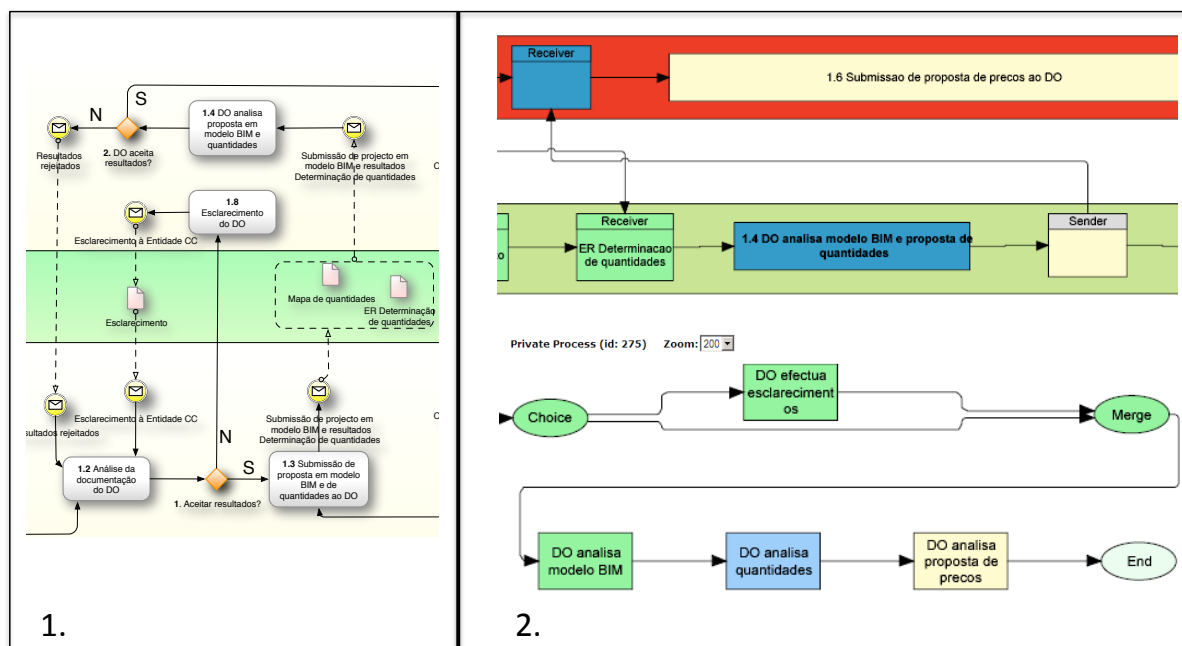


Figura 5.17 – Dono de obra efectua análise da proposta de modelo BIM e de quantidades da Entidade de Concepção e Construção - **1.** Processo colaborativo representado no MP 2; **2.** visão de processo privado e processo colaborativo no Nehemiah

Após a aprovação da proposta de modelo BIM e quantidades por parte do DO, a ECC pode proceder à determinação da sua proposta de preços. Mais uma vez, a actividade “1.4 Submissão de proposta de preços” foi iniciada, mas depende de vários processos internos que não foram ainda finalizados - Figura 5.18. Após a finalização dos vários processos internos associados a esta actividade, a proposta de preços é enviada ao Dono de Obra.

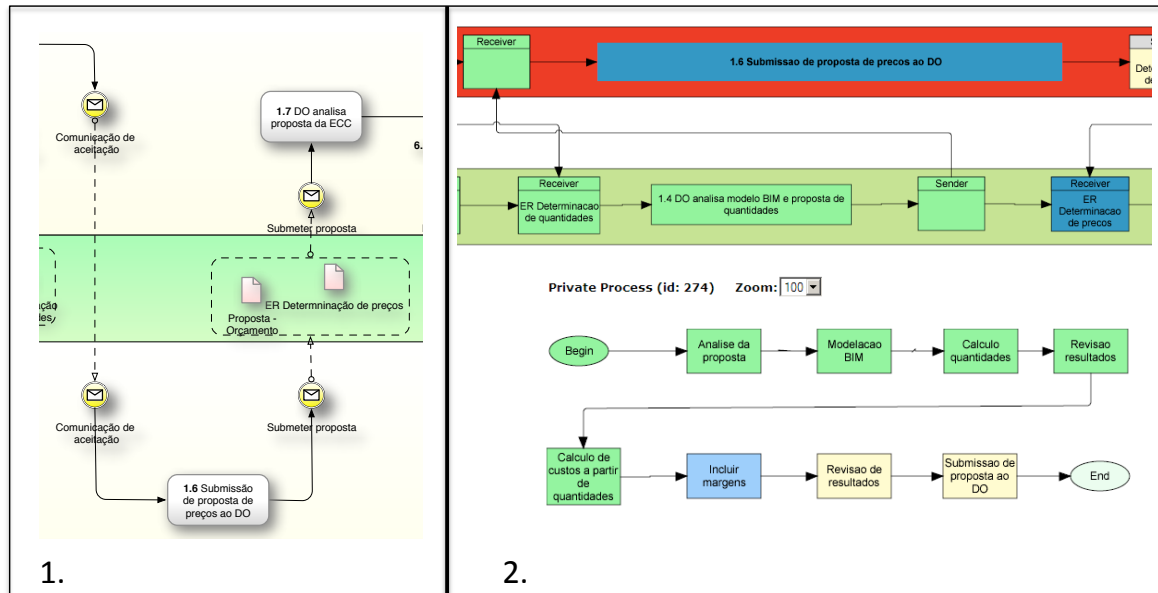


Figura 5.18 – Determinação da proposta de preços por parte da Entidade de Concepção e Construção - **1.** Processo colaborativo representado no MP 2; **2.** visão de processo privado e processo colaborativo no Nehemiah

Após receber a proposta de preços por parte da Entidade de Concepção e Construção, o Dono de Obra procede à sua análise - Figura 5.20. Caso os resultados sejam aceites, a Entidade de Concepção e Construção pode proceder à fase de produção, terminando o processo - Figura 5.21, caso contrário a Entidade de Concepção e Construção terá de voltar a submeter uma proposta de preços. Mais uma vez o Dono de Obra comunica a sua decisão através da escolha do estado da actividade “DO analisa proposta de preços” - Figura 5.19.

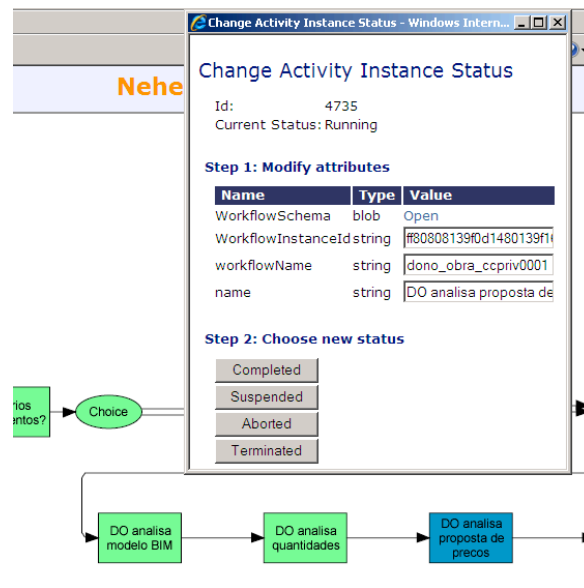


Figura 5.19 – Janela de escolha de estado da actividade – Dono de Obra analisa proposta de preços da Entidade de Concepção e Construção

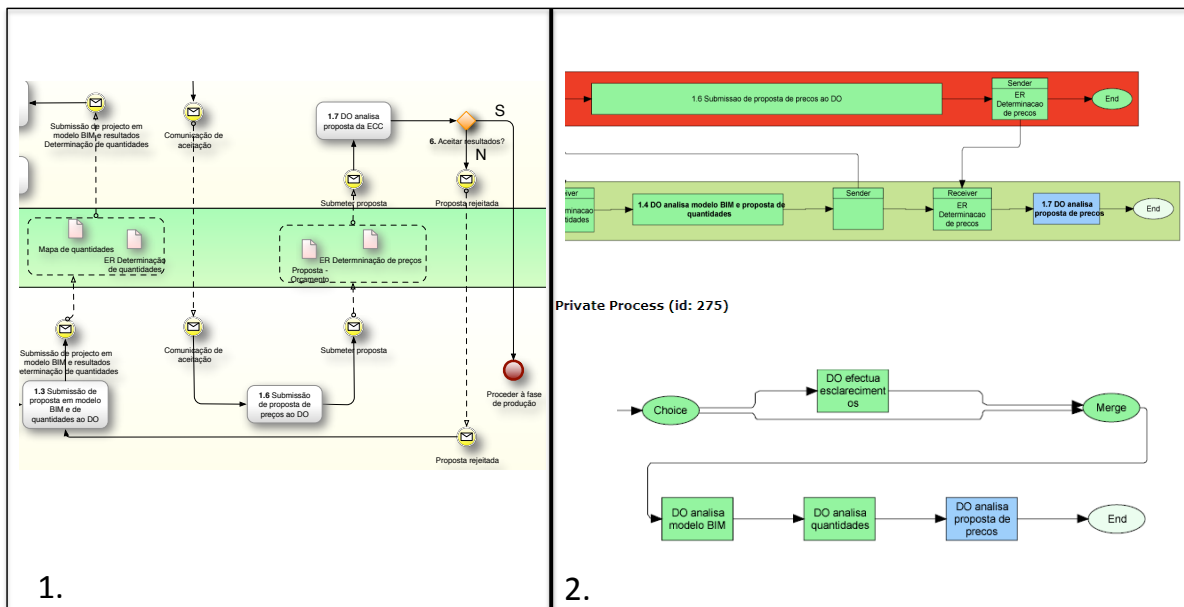


Figura 5.20 – Análise da proposta de preços da Entidade de Concepção e Construção pelo Dono de Obra - 1. Processo colaborativo representado no MP 2; 2. visão de processo privado e processo colaborativo no Neheiah

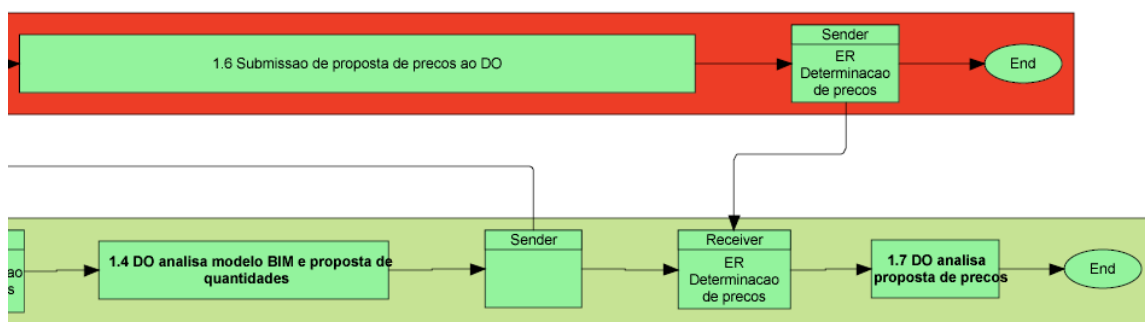


Figura 5.21 – Processo colaborativo (CBP) concluído na ferramenta Neheiah



### 5.2.5. Veredicto dos testes

Através da realização dos testes definidos neste estudo é possível concluir que a prova de conceito implementada passou com sucesso nos vários testes. Foi possível definir o processo colaborativo tendo em conta os requisitos de troca na interacção entre intervenientes e tendo igualmente em conta restrições na colaboração através da definição de vistas públicas a partir dos processos privados dos vários intervenientes.

A realização do Teste 1 – Modelação de processos privados, provou que é possível definir os processos privados dos intervenientes que participam nos processos colaborativos.

Através da realização do Teste 2 – Definição de vistas públicas, foi provado que é possível definir abstracções de processos internos de entidades, criando vistas públicas dos processos que servem de base à colaboração.

Com a realização do Teste 3 – Definição de processos colaborativos, provou-se que os vários intervenientes no processo colaborativo podem defini-lo através da intercalação dos seus processos públicos, especificando igualmente quando e onde ocorrem trocas de dados e mensagens.

Através da realização do Teste 4 – Execução de processos colaborativos, provou-se que é possível estabelecer um ambiente de colaboração baseado nos processos colaborativos definidos anteriormente e executar os processos colaborativos sem perdas de informação.

A realização dos testes propostos neste estudo demonstra que para as condições consideradas é possível representar e documentar processos colaborativos entre intervenientes da indústria AEC de entidades diversas, considerando restrições na colaboração de modo a proteger a propriedade intelectual dos intervenientes, bem como definir serviços para assegurar a representação dos processos colaborativos nos dados que os suportam. Apesar de não ter sido possível testar as ligações entre serviços e dados propostas no método, ficou provado através da realização dos testes que é possível estabelecer um ambiente de colaboração entre intervenientes da indústria AEC tendo em conta restrições na colaboração de modo a proteger a propriedade intelectual dos intervenientes.

## 5.3. Análise qualitativa de custo-benefício

Uma das métricas possíveis para justificar a implementação de novas soluções tecnológicas é a execução de uma análise de custo-benefício.

O cálculo do Retorno sobre investimento (ROI) consiste na comparação entre ganhos previstos através do investimento efectuado *versus* valor do investimento, podendo ser representado genericamente através da Equação 5.1.

$$\frac{\text{Ganhos previstos}}{\text{Investimento realizado}} = ROI \quad (5.1)$$

Devido à inexistência de dados neste estudo para efectuar este tipo de análise de forma quantitativa, procede-se nesta secção a uma análise qualitativa de custo-benefício e referem-se os principais factores a ter em conta para que uma empresa interessada na implementação de uma solução tecnológica deste tipo possa determinar o Retorno sobre o investimento efectuado.

Segundo Autodesk Inc., os factores determinantes no cálculo do retorno sobre investimento para uma implementação baseada em BIM são os ganhos e perdas de produtividade. Na Figura 5.22 ilustra-se esta relação de forma qualitativa (Autodesk, 2007).

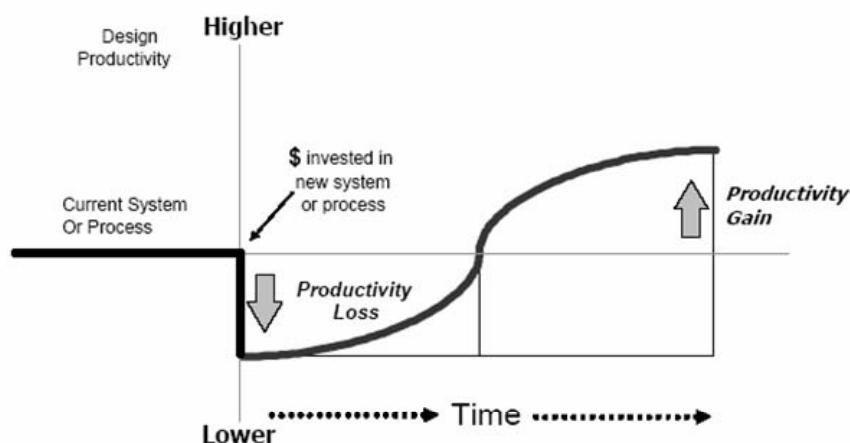


Figura 5.22 – Efeitos da implementação de tecnologia BIM na produtividade – (Autodesk, 2007)

De acordo com Naidoo e Stevens, a implementação de sistemas *Business Process Management* (BPM) pode traduzir benefícios em três áreas fundamentais: Eficiência, Visibilidade e Agilidade (Naidoo e Stevens, 2009). No caso concreto do método proposto neste estudo os benefícios são descritos no Quadro 5.7.

Quadro 5.7 – Potenciais benefícios da implementação do método proposto – adaptado de Naidoo e Stevens (2009)

<b>Eficiência</b>	<b>Visibilidade</b>	<b>Agilidade</b>
Redução no tempo de execução de processos	Diminuição do risco na execução de processos	Redução em custos de desenvolvimento, implementação, integração e manutenção
Redução no custo de execução de processos	Redução de excepções contratuais	Redução em tempo de execução de projectos
Maior fluxo de produção	Cumprimento mais eficaz de normas	
Aumentos de produtividade nos utilizadores		
Aumentos no fluxo de caixa		

Segundo Naidoo e Stevens, os principais custos na implementação de sistemas BPM são custos de aquisição e desenvolvimento das soluções BPM, que dependem de vários factores como o tamanho da empresa, tipo de negócio, entre outros. Nesta análise é fundamental considerar não só custos de implementação como custos de manutenção ao longo do período de utilização do sistema considerado (Naidoo e Stevens, 2009).

Através da análise efectuada nesta secção é possível aferir que a implementação do método proposto neste estudo dependerá de vários factores como tamanho da empresa, natureza do negócio, e que devido ao factor mudança associado às tecnologias utilizadas, não será possível garantir ganhos de produtividade logo após a sua implementação.

### **5.3.1. Análise do âmbito de aplicação**

O âmbito de aplicação do método proposto corresponde ao ciclo de vida de edifícios, estando definido em termos de dados pelo âmbito do modelo IFC. Dado que o modelo IFC é uma especificação aberta, qualquer utilizador com os conhecimentos necessários poderá expandir o modelo de acordo com as suas necessidades (IAI, 2012). Do mesmo modo, utilizadores de áreas específicas da engenharia civil podem igualmente expandir as definições do modelo IFC para tipos de obras que não edificações (i.e. viadutos, pontes, infra-estruturas portuárias, túneis, barragens, etc.).

### **5.3.2. Exequibilidade do método proposto**

A partir dos resultados obtidos nos testes definidos e realizados sobre o método proposto neste estudo é possível afirmar que, para o contexto de aplicação abordado, o método é válido. De modo a extrapolar conclusões para a totalidade do âmbito de aplicação do método proposto – ciclo de vida de edifícios - seria necessária a definição de todos os processos colaborativos, bem como de todos os serviços associados às trocas de mensagens e dados entre intervenientes, e a execução de uma bateria de testes para o conjunto de processos e serviços definidos.

É de referir ainda que, dado que as ferramentas utilizadas na validação do método proposto neste estudo são protótipos resultantes do projecto de investigação ATHENA IP (Costa, 2007), seria igualmente necessário efectuar a sua optimização antes de efectuar a bateria de testes referida. Tendo em conta estes requisitos seria possível disponibilizar uma solução tecnológica para a utilização por parte do sector AEC.

## 5.4. Análise do método proposto face às hipóteses de estudo e à questão de investigação

O método proposto neste estudo tem como principal objectivo suportar a colaboração baseada em BIM entre os intervenientes da indústria AEC, tendo por base a interoperabilidade aos níveis de processos, serviços e dados.

No Quadro 5.8 efectua-se a comparação entre as hipóteses de estudo definidas inicialmente e de que forma é que o método proposto responde às mesmas. Em seguida apresenta-se uma análise detalhada tendo em conta os resultados obtidos.

Quadro 5.8 – Comparação das hipóteses de estudo com as dimensões e passos do método proposto

Dimensões	Hipóteses de estudo	Método proposto
<b>Processos</b>	A representação e documentação de processos colaborativos entre intervenientes da indústria AEC de entidades diversas deve ser efectuada considerando restrições na colaboração, de modo a proteger a propriedade intelectual dos intervenientes	Modelação de processos colaborativos considerando restrições na colaboração:
		1) Definição de processos privados
		2) Definição de vistas públicas
		3) Definição de processos colaborativos
<b>Serviços</b>	É possível definir serviços para assegurar a representação dos processos colaborativos nos dados que os suportam	Definição de serviços a partir da definição dos Requisitos de Troca do IDM que especificam as acções a executar para uma determinada tarefa:
		4) Definição de requisitos de troca, incluindo referência aos tipos de dados que os suportam
		5) Definição de serviços electrónicos com base nos requisitos de troca definidos
		6) Associação dos serviços definidos aos processos colaborativos definidos anteriormente
<b>Dados</b>	A colaboração entre intervenientes da indústria AEC pode ser suportada através de dados de produto baseada em BIM	7) Definição das várias partes funcionais que constituem cada um dos requisitos de troca definidos
		8) Definição do esquema XSD que suporta os requisitos de troca definidos através do agrupamento das várias partes funcionais que os constituem
		9) Conversão dos esquemas XSD em WSDL para possibilitar a sua associação aos serviços definidos anteriormente e efectuar trocas de dados suportadas em BIM-IFC.

### 5.4.1. Processos

Tendo em conta a primeira hipótese de estudo definida, foi necessário encontrar um método que permitisse a representação de processos colaborativos considerando restrições na colaboração. Através da análise da literatura constatou-se que a única metodologia abordada que permite a representação da colaboração nestas condições é o CBP. Deste modo, esta foi a metodologia utilizada no método proposto, tendo sido aplicada no contexto da determinação de quantidades e custos na fase de elaboração de propostas. A aplicação do método revelou que este se mostra apropriado para a representação da colaboração, nomeadamente na representação de vistas distintas por parte dos intervenientes, consoante o contexto da colaboração. Um dos maiores desafios na utilização da metodologia BIM é a manutenção da rede de intervenientes que participam no desenvolvimento dos empreendimentos após a conclusão dos mesmos (Linderoth, 2010). O método proposto neste estudo responde a este problema através da possibilidade de estabelecer relações colaborativas entre vários intervenientes que podem ser *ad-hoc*, ou podem ser contínuas ao longo de vários projectos no contexto de uma colaboração industrial.

### 5.4.2. Serviços

Para possibilitar a definição de serviços que asseguram a representação dos processos colaborativos nos dados que os suportam foi necessário recorrer à definição dos requisitos de troca do IDM. Os requisitos de troca especificam claramente as trocas de informação que ocorrem entre os intervenientes num processo colaborativo (IAI, 2010). Foram definidos serviços electrónicos tendo em conta os requisitos de troca definidos com o objectivo de possibilitar a execução do processo colaborativo definido.

Através da elaboração de serviços electrónicos a partir dos requisitos de troca definidos, é possível controlar electronicamente os processos colaborativos definidos de forma precisa, e igualmente efectuar a ligação com a dimensão de dados, permitindo que os processos colaborativos sejam suportados pelos modelos de dados IFC. A dimensão de serviços proposta neste método efectua assim a ligação entre os processos definidos e a dimensão de dados.

Através da definição de serviços baseados em requisitos de troca, é possível sistematizar as interacções entre intervenientes, através da definição clara do conteúdo das trocas que ocorrem.

### 5.4.3. Dados

Tendo em conta a terceira hipótese de estudo definida foi necessário encontrar um método para suportar os processos e serviços definidos através de dados de produto. O método proposto neste estudo recorreu à definição das Partes Funcionais da metodologia IDM, que especificam quais os elementos constituintes do modelo de dados IFC que suportam os processos e serviços definidos. Através desta ligação é possível suportar os processos colaborativos definidos em modelos BIM-IFC. No en-

tanto não foi possível testar a ligação entre Serviços e Dados devido às limitações inerentes à definição de partes funcionais.

Considerando os resultados obtidos na aplicação do método proposto, e tendo em conta a sua validação é então possível concluir que o método proposto responde à questão de investigação definida no início do estudo. É possível definir processos colaborativos entre diversas entidades da indústria AEC, considerando restrições na colaboração de forma a proteger a propriedade intelectual dos intervenientes, e suportar a colaboração em modelos de dados de produto, concretamente IFC.

## 6. CONCLUSÕES

A metodologia BIM surgiu na indústria AEC como uma forma de organizar a informação dispersa em vários formatos, tradicionalmente em papel. A sua adopção implica alterações às formas de gestão de empreendimentos ao longo do seu ciclo de vida, bem como na comunicação entre os vários intervenientes da indústria.

O BIM é fortemente dependente da colaboração entre os intervenientes, bem como da interoperabilidade entre os processos das entidades que colaboram, entre modelos de dados, e entre serviços que efectuem a ligação entre estas duas dimensões. No entanto, verifica-se que as questões de interoperabilidade se têm focado maioritariamente na dimensão de dados.

Com o objectivo de possibilitar a colaboração entre entidades da indústria AEC suportada em modelos BIM, ao longo deste estudo foram analisadas várias metodologias para suportar processos colaborativos em dados de produto. As várias metodologias apresentadas foram analisadas face às hipóteses de estudo definidas inicialmente, tendo sido concluído que apenas a metodologia CBP tem em conta a interoperabilidade a nível de processos de negócio, considerando restrições na colaboração, o que é fundamental para possibilitar a colaboração entre várias entidades a nível industrial. Por outro lado esta análise revelou que a metodologia IDM apresenta elementos que servem de base à interoperabilidade nas dimensões de serviços e dados.

Consequentemente, foi proposto um método a partir da combinação das metodologias IDM e CBP, baseado nos princípios de referência da colaboração suportada na interoperabilidade aos níveis de processos de negócio, serviços e dados. O método proposto contempla a definição de processos de negócio colaborativos, considerando restrições na colaboração, a definição de serviços baseados nos requisitos de troca da metodologia IDM, e a ligação da dimensão de dados ao modelo de dados IFC, através da definição de partes funcionais. Foi estabelecida uma arquitectura orientada a serviços (SOA) definidos com base nos processos colaborativos e nos requisitos de troca na qual o suporte de dados é assegurado pelas Partes Funcionais do IDM.

O método proposto neste estudo foi aplicado no âmbito da representação da colaboração baseada em BIM na determinação de quantidades e de custos durante a fase de elaboração de propostas, tendo em conta os formatos contratuais de Concepção-Concurso-Construção e Concepção-Construção. Ficou demonstrado que através deste método é possível representar relações contratuais com maior grau de colaboração – modelo CC – bem como relações em que a colaboração é extremamente limitada – modelo CCC. Particularmente no caso do modelo CCC, e face à obrigatoriedade expressa no CCP em relação à utilização de plataformas electrónicas na contratação, este método pode constituir uma mais valia. Através desta aplicação pretendeu demonstrar-se que o método proposto pode ser aplicado à definição e sistematização de processos em diversos contextos com maior ou menor grau de colaboração, especificando as trocas de informação que ocorrem entre intervenientes ao longo dos processos.

A aplicação do método serviu igualmente de base à definição de testes para verificar a validade do método proposto face à questão de investigação e às hipóteses de estudo definidas inicialmente.

Os testes propostos foram efectuados com sucesso, sendo possível concluir que através da utilização do método proposto é possível definir processos colaborativos entre diversas entidades da indústria AEC, considerando restrições na colaboração de modo a proteger a sua propriedade intelectual dos vários intervenientes.

O método proposto neste estudo poderá igualmente ser utilizado no estabelecimento de requisitos contratuais nos vários tipos de contratos utilizados na indústria AEC. Em formas contratuais baseadas na *Integrated Project Delivery*, que estabelecem o grau de colaboração entre intervenientes, este método pode constituir uma mais valia na definição das várias relações de colaboração existentes, bem como na clarificação dos direitos de propriedade intelectual, aspectos que têm constituído barreiras à adopção generalizada deste tipo de contratos.

## **6.1. Limitações do estudo**

O método proposto neste estudo possibilita a interoperabilidade aos níveis de processos, serviços e dados, permitindo a representação da colaboração entre intervenientes da indústria AEC e o suporte da colaboração em modelos BIM-IFC.

Este estudo apresenta como limitação o facto de a ligação entre as dimensões de serviços e dados não ser automatizada, ao contrário do que sucede na ligação entre processos e serviços. Tal deve-se ao facto de na dimensão de dados ter sido adoptada a definição de partes funcionais do IDM que por si só não são executáveis. Isto implica uma maior intervenção humana no mapeamento entre as dimensões de serviços e dados, mas não invalida que as dimensões consideradas no método sejam interoperáveis, ou seja, a validade do método proposto neste estudo, tendo em conta as hipóteses de estudo consideradas, não é posta em causa.

## **6.2. Recomendações para trabalhos futuros**

Como referido anteriormente, este estudo apresenta como limitação o facto de o método proposto necessitar de muita intervenção humana, particularmente no mapeamento entre as dimensões de serviços e dados, devido a limitações inerentes às partes funcionais do IDM. Uma das possibilidades para contornar esta limitação passa pela concepção de uma *Model-Driven Architecture* (MDA) que permitiria que as ligações entre as várias dimensões fossem efectuadas de modo automatizado. De facto, a concepção de uma MDA associada a uma SOA é apontada como uma das possibilidades para resolver problemas de interoperabilidade em BIM (Grilo e Jardim-Gonçalves, 2011), pelo que seria interessante uma aplicação deste conceito no âmbito da indústria AEC.



Neste estudo considerou-se a colaboração baseada na interoperabilidade entre processos, serviços e dados. No entanto, para permitir a colaboração entre entidades dispersas geograficamente, será necessário considerar outra dimensão, a de interoperabilidade ao nível de negócio (incluindo normas, especificações e funções dos actores que participam nos vários processos) (Grilo e Jardim-Gonçalves, 2010). Esta dimensão foi considerada no projecto *ATHENA Interoperability Framework* (Figura 6.1) tornando-se necessário averiguar quais as condições necessárias para materializa-la no âmbito da indústria AEC.

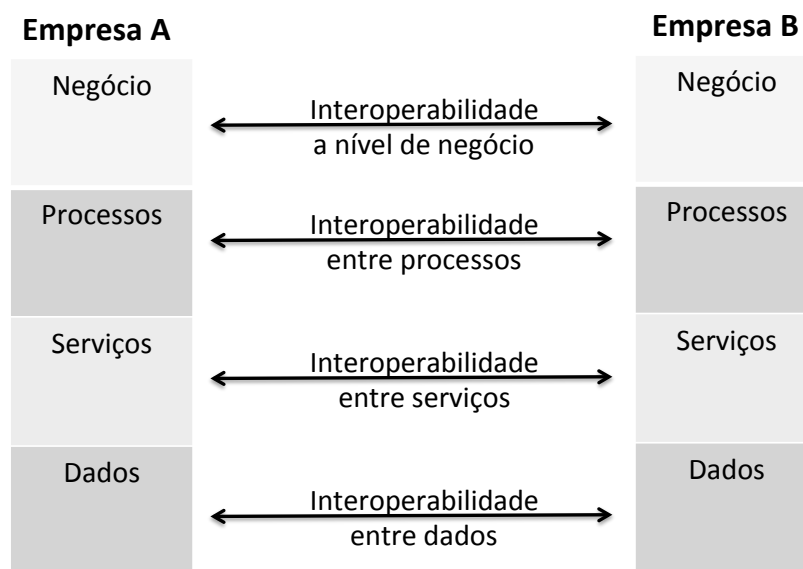


Figura 6.1 - Arquétipo para colaboração suportada em interoperabilidade entre duas empresas tendo em conta as dimensões de Negócio, Processos, Serviços e Dados – adaptado de ATHENA-IP (2010)



---

## 7. BIBLIOGRAFIA

- AIA - *Integrated Project Delivery: A Guide.*, The American Institute of Architects, 2007.
- AIA - *IPD Case Studies*. AIA, AIA Minnesota, School of Architecture University of Minnesota, 2010.
- AJAM, M.; ALSHAWI, M. e MEZHER, T. - *Augmented process model for e-tendering: Towards integrating object models with document management systems*. Automation in Construction, vol. 19, nº 6, págs. 762-778. Elsevier Science B.V., 2010.
- AOUAD, G. e ARAYICI, Y. - *Requirements Engineering for Computer Integrated Environments in Construction*. Vol. 19., John Wiley & Sons, Inc., 2010.
- ATHENA D1 - *Specification of a Cross-Organizational Business Process Model*. ATHENA European Project, 2007. <http://modelbased.net/aif/wholesite.html> (12/04/2012).
- ATHENA-IP - *ATHENA Interoperability Framework*. ATHENA European Project, 2010. <http://www.modelbased.net/aif/index.html> (01/12/2011).
- AUTODESK - *BIM's Return on Investment*. Autodesk, 2007. <http://usa.autodesk.com/revit/white-papers/> (19/09/2012).
- BAKIS, N.; AOUAD, G. e KAGIOGLOU, M. - *Towards distributed product data sharing environments - Progress so far and future challenges*. Automation In Construction, vol. 16, nº 5, págs. 586-595. Elsevier Science B.V., 2007.
- BEARD, J.; LOULAKIS, M. e WUNDRAM, E. - *Design-Build: Planning Through Development.*, McGraw-Hill Professional, 2005.
- BECERIK, B. e POLLALIS, S. - *Computer Aided Collaboration in Managing Construction*. Harvard University Graduate School of Design, 2006.
- BERARD, O. e KARLSHOEJ, J. - *Information delivery manuals to integrate building product information into design*. ITcon, vol. 17, págs. 63-74. 2012.
- BERRE, A.-J.; ELVESÆTER, B.; FIGAY, N.; GUGLIELMINA, C.; JOHNSEN, S. G.; KARLSEN, D.; KNOTHE, T. e LIPPE, S. - *The ATHENA Interoperability Framework.*, 2006.
- BODDY, S.; REZGUL, Y.; COOPER, G. e WETHERILL, M. - *Computer integrated construction: A review and proposals for future direction*. Advances In Engineering Software, vol. 38, nº 10, págs. 677-687. Elsevier Science B.V., 2007.
- BRITTENHAM, P. - *An overview of the Web Services Inspection Language*. IBM developerWorks, 2002. <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-wsilovert/> (07/09/2012).
- CEROVSEK, T. - *A review and outlook for a 'Building Information Model' (BIM): A multi-standpoint framework for technological development*. Advanced Engineering Informatics, vol. 25, nº 2, págs. 224-244. Elsevier Science B.V., 2011.

- CHEN, D.; DOUMEINGTS, G. e VERNADAT, F. - *Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future*. Computers in Industry, vol. 59, nº 7, págs. 647-659. Elsevier Science B. V., 2008.
- COSTA, R. - *A Framework to support Interoperability for Collaborative Business Processes in e-Procurement*. Dissertação de mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2007.
- EASTMAN, C.; JEONG, Y.; SACKS, R. e KANER, I. - *Exchange Model and Exchange Object Concepts for Implementation of National BIM Standards*. Journal of Computing In Civil Engineering, vol. 24, nº 1, págs. 25-34. ASCE - American Society of Civil Engineers, 2010.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. e LISTON, K. - *BIM handbook : A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. Vol. 19., John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- EASTMAN, C. - *Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction*. Vol. 19., CRC Press, 1999.
- FARAJ, I.; ALSHAWI, M.; AOUAD, G.; CHILD, T. e UNDERWOOD, J. - *An industry foundation classes Web-based collaborative construction computer environment: WISPER*. Automation In Construction, vol. 10, nº 1, págs. 79-99. Elsevier Science B.V., 2000.
- FEENEY, A. - *The STEP Modular Architecture*. Journal of Computing and Information Science in Engineering, vol. 2, nº 2, págs. 132. ASME, 2002.
- FONSECA, M. - *Regras de Medição na Construção*. Lisboa, LNEC, 2008.
- FROESE, T. - *The impact of emerging information technology on project management for construction*. Automation in Construction, vol. 19, nº 5, págs. 531-538. Elsevier Science B.V., 2010.
- GREENFIELD, J.; SHORT, K.; COOK, S. e KENT, S. - *Software Factories: Assembling Applications with Patterns, Models, Frameworks, and Tools.*, Wiley Publishing, Inc., 2004.
- GREINER, U.; LIPPE, S.; KAHL, T.; ZIEMANN, J. e JÄKEL, F.-W. - *Designing and Implementing Cross-Organizational Business Processes - Description and Application of a Modelling Framework*. Vol. 12. Págs. 137-147., Springer London, 2007.
- GRILO, A. e JARDIM-GONÇALVES, R. - *Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments*. Automation In Construction, vol. 19, nº 5, págs. 522-530. Elsevier Science B.V., 2010.
- GRILO, A. e JARDIM-GONÇALVES, R. - *Challenging electronic procurement in the AEC sector: A BIM-based integrated perspective*. Automation in Construction, vol. 20, nº 2, págs. 107-114. Elsevier Science B.V., 2011.
- HALFAWY, M. - *Municipal information models and federated software architecture for implementing integrated infrastructure management environments*. Automation in Construction, vol. 19, nº 4, págs. 433-446. Elsevier Science B.V., 2010.

- 
- HALFAWY, M. e FROESE, T. - *Component-based framework for implementing integrated architectural/engineering/construction project systems*. Journal of Computing In Civil Engineering, vol. 21, nº 6, págs. 441-452. ASCE - American Society of Civil Engineers, 2007.
- HOWARD, R. e BJORK, B. - *Building information modelling - Experts' views on standardisation and industry deployment*. Advanced Engineering Informatics, vol. 22, nº 2, págs. 271-280. Elsevier Science B.V., 2008.
- IAI - *The Information Delivery Manual - IDM*, 2006.  
<http://idm.buildingsmart.no/confluence/display/IDM/Home> (11/08/2012).
- IAI - *Information Delivery Manual Guide to Components and Development Methods*. 2010.
- IAI - *IFC2x4 RC3 HTML documentation*, 2011. [http://www.buildingsmart-tech.org/downloads/ifc/ifc2x4-rc3/20111004\\_IfcR2x4\\_RC3\\_HTML\\_distribution.zip/view](http://www.buildingsmart-tech.org/downloads/ifc/ifc2x4-rc3/20111004_IfcR2x4_RC3_HTML_distribution.zip/view) (09/05/2012).
- IAI - *buildingSmart - International home of Open BIM*. buildingSmart, 2012.  
<http://www.buildingsmart.com/> (07/08/2012).
- IEEE - *IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries*. Vol. 19., Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1990.
- ISIKDAG, U. - *Design patterns for BIM-based service-oriented architectures*. Automation in Construction, vol. 25, págs. 59-71. Elsevier Science B.V., 2012.
- ISIKDAG, U. e UNDERWOOD, J. - *Two design patterns for facilitating Building Information Model-based synchronous collaboration*. Automation In Construction, vol. 19, nº 5, págs. 544-553. Elsevier Science B.V., 2010.
- ISO - *Open systems interconnection, conformance testing methodology and framework. International Standard IS-9646*. ISO, Geneve, 1991.
- JARDIM-GONÇALVES, R. e GRILO, A. - *SOA4BIM: Putting the building and construction industry in the Single European Information Space*. Automation In Construction, vol. 19, nº 4, págs. 388-397. Elsevier Science B.V., 2010.
- KAROLA, A.; LAHTELA, H.; HÄNNINEN, R.; HITCHCOCK, R.; CHEN, Q.; DAJKA, S. e HAGSTRÖM, K. - *BSPRO COM-Server--interoperability between software tools using industrial foundation classes*. Energy and Buildings, vol. 34, nº 9, págs. 901-907. 2002.
- LEE, G.; SACKS, R. e EASTMAN, C. - *Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system*. Automation In Construction, vol. 15, nº 6, págs. 758-776. Elsevier Science B.V., 2006.
- LEE, G.; EASTMAN, C. e SACKS, R. - *Eliciting information for product modeling using process modeling*. Data & Knowledge Engineering, vol. 62, nº 1, págs. 292-307. ASCE - American Society of Civil Engineers, 2007a.
- LEE, G.; SACKS, R. e EASTMAN, C. - *Product data modeling using GTPPM — A case study*. Automation in Construction, vol. 16, nº 3, págs. 392-407. Elsevier Science B.V., 2007b.

- LEE, G.; EASTMAN, C. e SACKS, R. - *Twelve Design Patterns for Integrating and Normalizing Product Model Schemas*. Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering, vol. 22, nº 3, págs. 163-181. 2007c.
- LEE, G.; HAM, S. e PARK, Y. - *Framework of the Extended Process to Product Modeling (XPPM) for Efficient IDM Development*. Elsevier Science B.V., 2011.
- LEE, G. - *Georgia Tech Process to Product Modeling.*, 2006. <http://dcom.arch.gatech.edu/gtppm/> (05/03/2012).
- LINDEROTH, H. - *Understanding adoption and use of BIM as the creation of actor networks*. Automation In Construction, vol. 19, nº 1, págs. 66-72. Elsevier Science B.V., 2010.
- LIPMAN, R.; PALMER, M. e PALACIOS, S. - *Assessment of conformance and interoperability testing methods used for construction industry product models*. Automation in Construction, vol. 20, nº 4, págs. 418-428. Elsevier Science B.V., 2011.
- MIHINDU, S. e ARAYICI, Y. - *Digital construction through BIM systems will drive the re-engineering of construction business practices*. Visualisation: in built and rural environments, págs. 29-34. IEEE computer society, 2009.
- MOPTC - *Portaria do Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações de 29 de Julho de 2008, publicada no DR, 1ª Série, no 145*. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2008a.
- MOPTC - *Decreto-Lei n.º 18/2008 de 29 de Janeiro*. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2008b.
- MOUM, A.; KOCH, C. e HAUGEN, T. - *What did you learn from practice today? Exploring experiences from a Danish R&D effort in digital construction*. Advanced Engineering Informatics, vol. 23, nº 3, págs. 229-242. Elsevier Science B.V., 2009.
- NACIRI, S.; CHEIKHROUHO, N.; POULY, M.; BINGGELI, J.-C. e GLARDON, R. - *ERP data sharing framework using the Generic Product Model (GPM)*. Expert Systems With Applications, vol. 38, nº 2, págs. 1203-1212. 2011.
- NAIDOO, T. e STEVENS, M. - *Building the Business Case for BPM*. Oracle, 2009. <http://www.oracle.com/us/corporate/insight/business-case-bpm-wp-171710.pdf> (19/09/2012).
- NAMIRI, K. e STOJANOVIC, N. - *Towards Business Level Verification of Cross- Organizational Business Processes*. Order: A Journal On The Theory Of Ordered Sets And Its Applications, págs. 101-112. 2006.
- O'BRIEN, W.; HAMMER, J.; SIDDIQUI, M. e TOPSAKAL, O. - *Challenges, approaches and architecture for distributed process integration in heterogeneous environments*. Advanced Engineering Informatics, vol. 22, nº 1, págs. 28-44. Elsevier Science B.V., 2008.
- OMG - *Object Management Group Business Process Model and Notation.*, 2012. <http://www.bpmn.org/> (18/08/2012).

- 
- PETRINJA, E.; STANKOVSKI, V. e TURK, Z. - *A provenance data management system for improving the product modelling process*. Automation in Construction, vol. 16, nº 4, págs. 485-497. Elsevier Science B.V., 2007.
- RAJSIRI, V.; LORRÉ, J.-P.; BÉNABEN, F. e PINGAUD, H. - *Knowledge-based system for collaborative process specification*. Computers in Industry, vol. 61, nº 2, págs. 161-175. 2010.
- ROWLEY, J. - *An analysis of the e-service literature: towards a research agenda*. Internet Research, vol. 16, nº 3, págs. 339 - 359. 2006.
- SCRA - *STEP Application Handbook*. North Charleston, SCRA, 2006.
- SHEN, W.; HAO, Q.; MAK, H.; NEELAMKAVIL, J.; XIE, H.; DICKINSON, J.; THOMAS, R.; PARDASANI, A. e XUE, H. - *Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management: A review*. Advanced Engineering Informatics, vol. 24, nº 2, págs. 196-207. Elsevier Science B.V., 2010.
- SINGH, V.; GU, N. e WANG, X. - *A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform*. Automation in Construction, vol. 20, nº 2, págs. 134-144. Elsevier Science B.V., 2011.
- SUCCAR, B. - *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*. Automation In Construction, vol. 18, nº 3, págs. 357-375. Elsevier Science B.V., 2009.
- TAYLOR, J. e BERNSTEIN, P. - *Paradigm Trajectories of Building Information Modeling Practice in Project Networks*. Journal of Management In Engineering, vol. 25, nº 2, págs. 69-76. ASCE - American Society of Civil Engineers, 2009.
- TRETMANS, J. - *An overview of osi conformance testing*. University of Twente, 2001.
- VASCONCELOS, T. - *Building Information Model - Avaliação do seu potencial como solução para os principais atrasos e desperdícios na construção portuguesa*. Dissertação de mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2010.
- W3C - *Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0 Part 1: Core Language*. World Wide Web Consortium (W3C), 2007. [http://www.w3.org/TR/wsdl20/#intro\\_ws](http://www.w3.org/TR/wsdl20/#intro_ws) (22/09/2012).
- WIX, J. - *IDM Learning Guide*., 2008. [http://www.iai.no/idm/idm\\_learning/idm\\_learning.htm](http://www.iai.no/idm/idm_learning/idm_learning.htm) (09/09/2011).





## 8. ANEXOS

### 8.1. Mapas de processos

Nesta secção são apresentados os vários mapas de processos privados e vistas públicas utilizados como base para a elaboração dos processos colaborativos descritos no capítulo 4 (Figura 8.2 a Figura 8.11), bem como a legenda necessária para a interpretação de mapas de processos colaborativos, vistas públicas e processos privados (Figura 8.1).

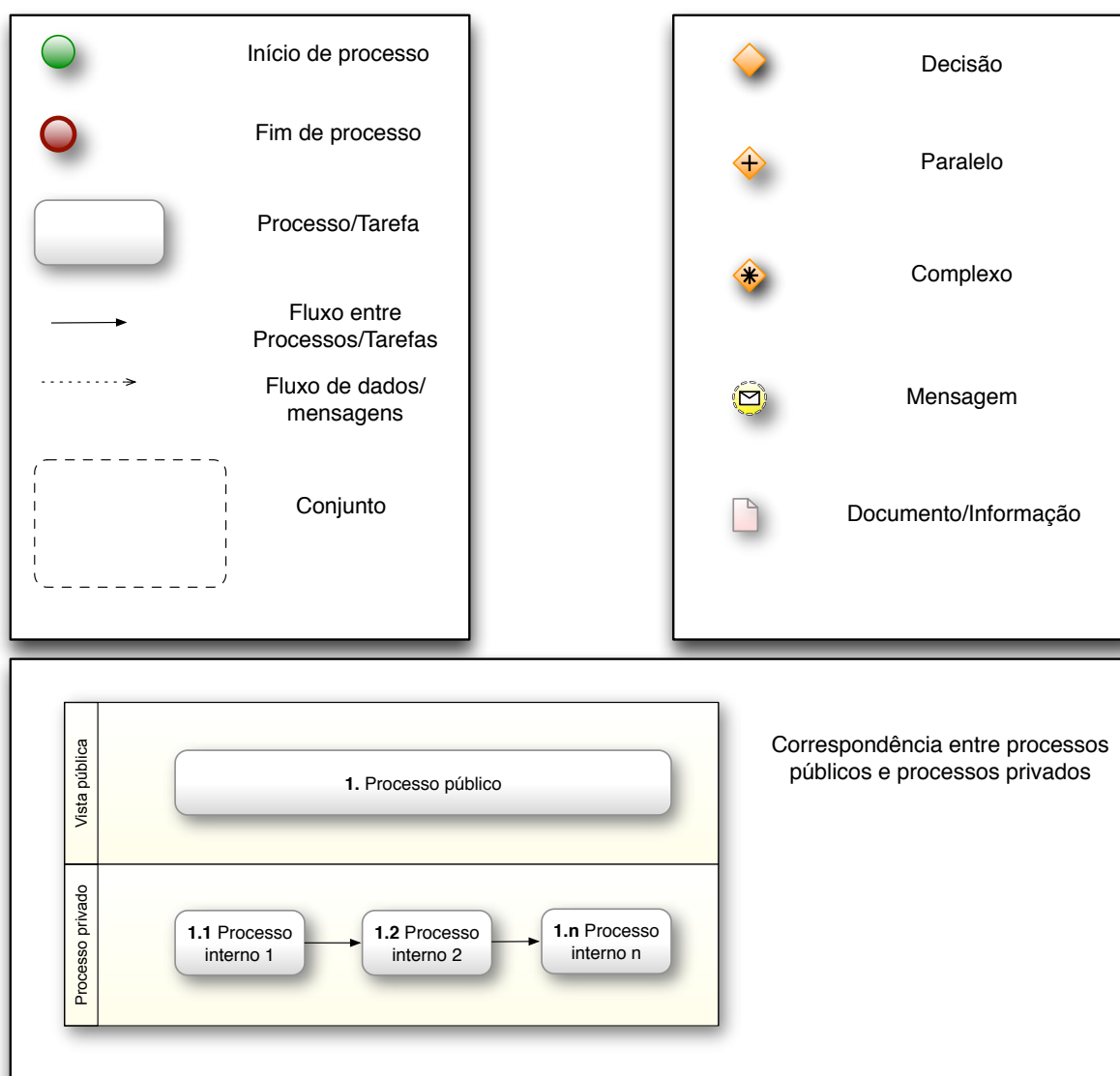


Figura 8.1 – Legenda de elementos da linguagem de modelação BPMN utilizados nos mapas de processos, e correspondência entre processos privados e vistas públicas.

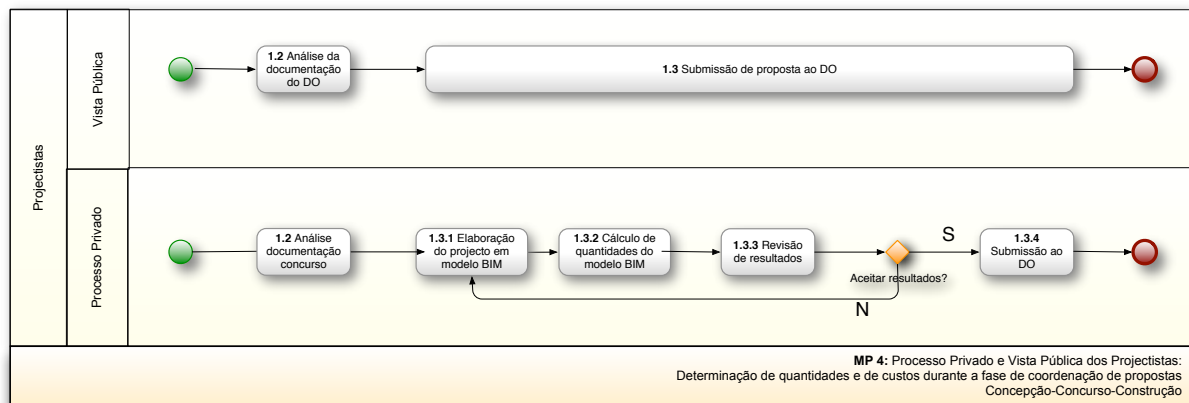


Figura 8.2 - Mapa de processos MP 4: Processo Privado e Vista Pública dos projectistas para o método de Concepção-Concurso-Construção.

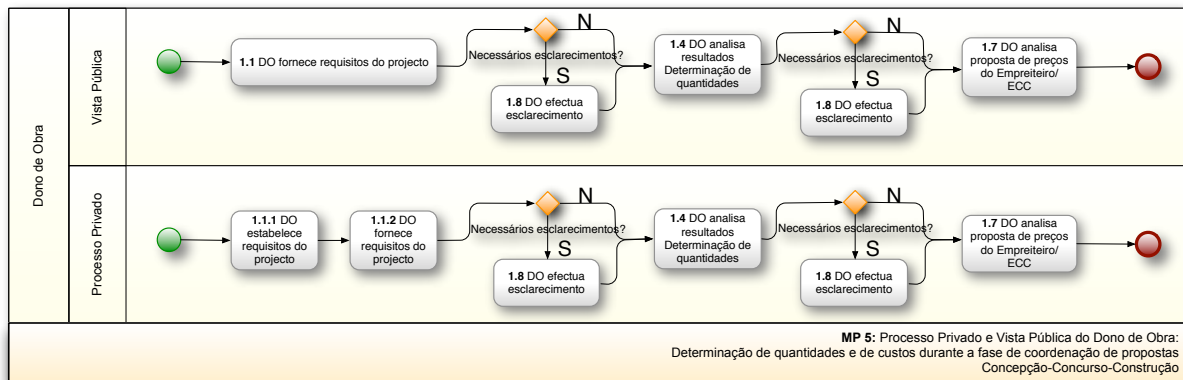


Figura 8.3 - Mapa de processos MP 5: Processo Privado e Vista Pública Do Dono de Obra para o método de Concepção-Concurso-Construção.

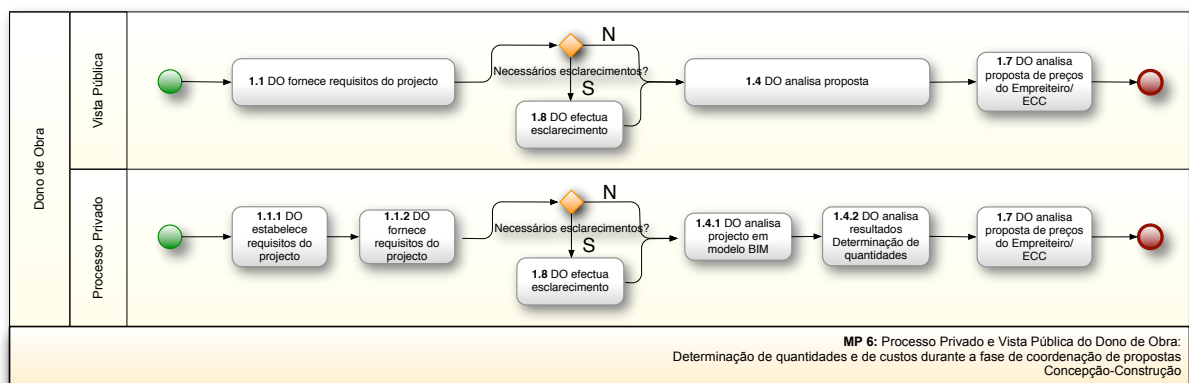


Figura 8.4 - Mapa de processos MP 6: Processo Privado e Vista Pública Do Dono de Obra para o método de Concepção-Construção.

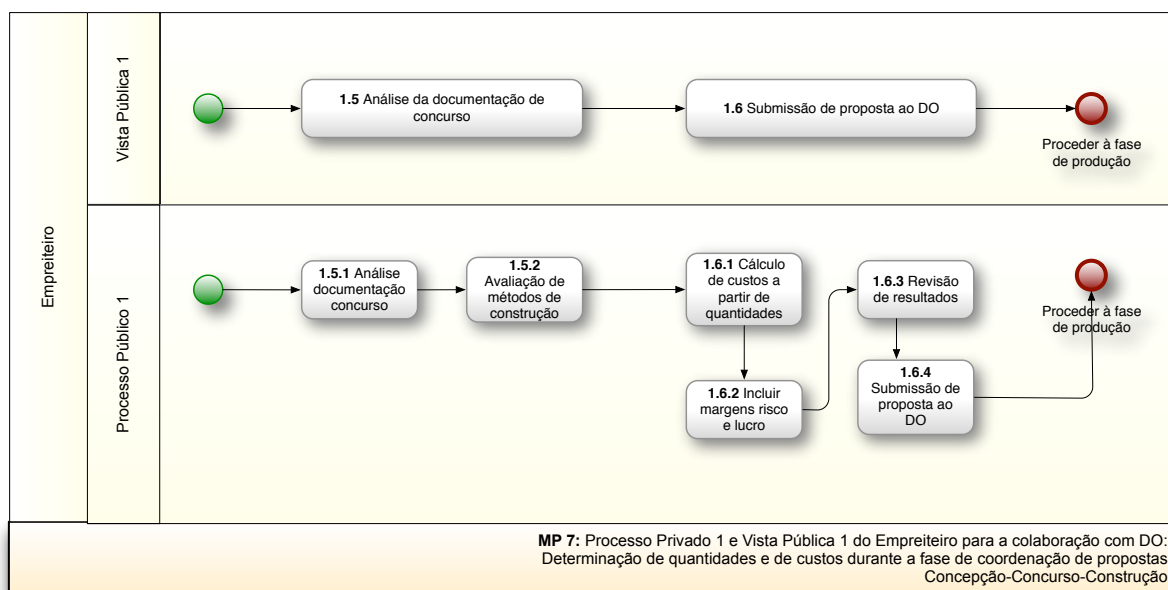


Figura 8.5 - Mapa de processos MP 7: Processo Privado 1 e Vista Pública 1 do Empreiteiro para a colaboração com Dono de Obra. Método de Concepção-Concurso-Construção.

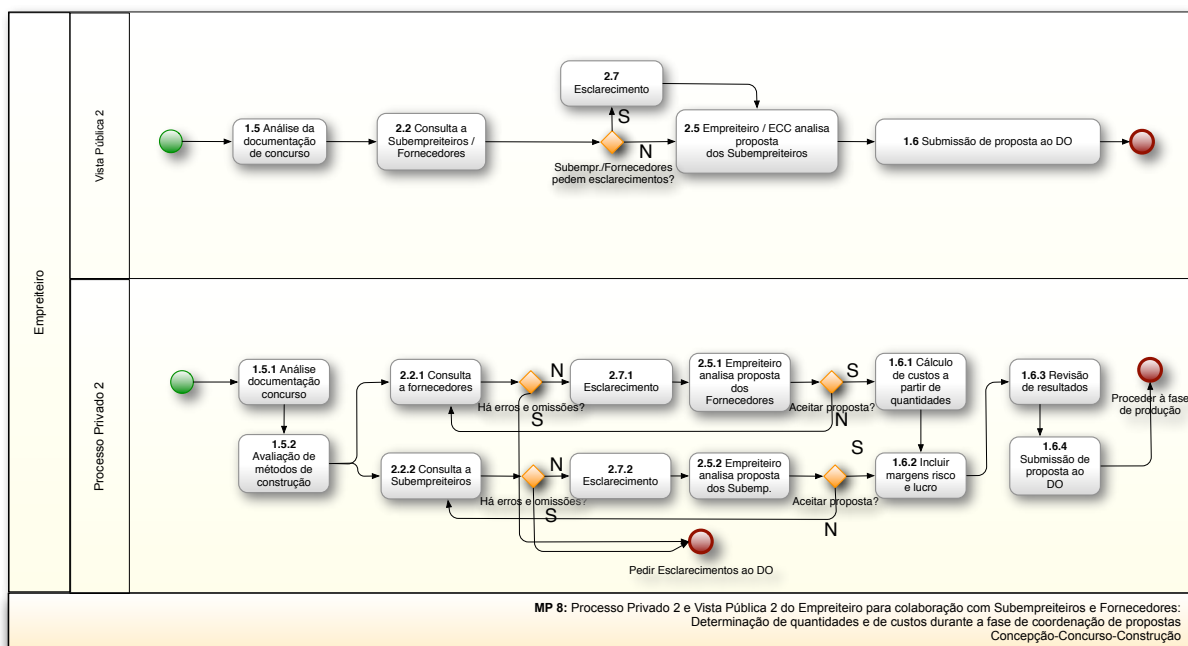


Figura 8.6 - Mapa de processos MP 8: Processo Privado 2 e Vista Pública 2 do Empreiteiro para a colaboração com Subempreiteiros e Fornecedores. Método de Concepção-Concurso-Construção.

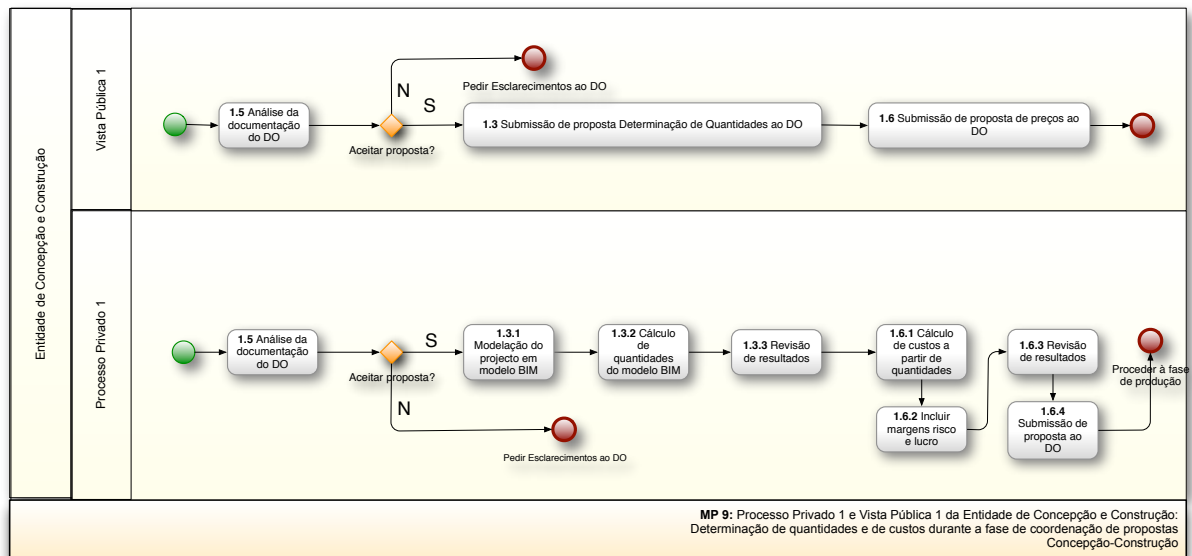


Figura 8.7 - Mapa de processos MP 9: Processo Privado 1 e Vista Pública 1 da Entidade de Concepção e Construção. Método de Concepção-Construção.

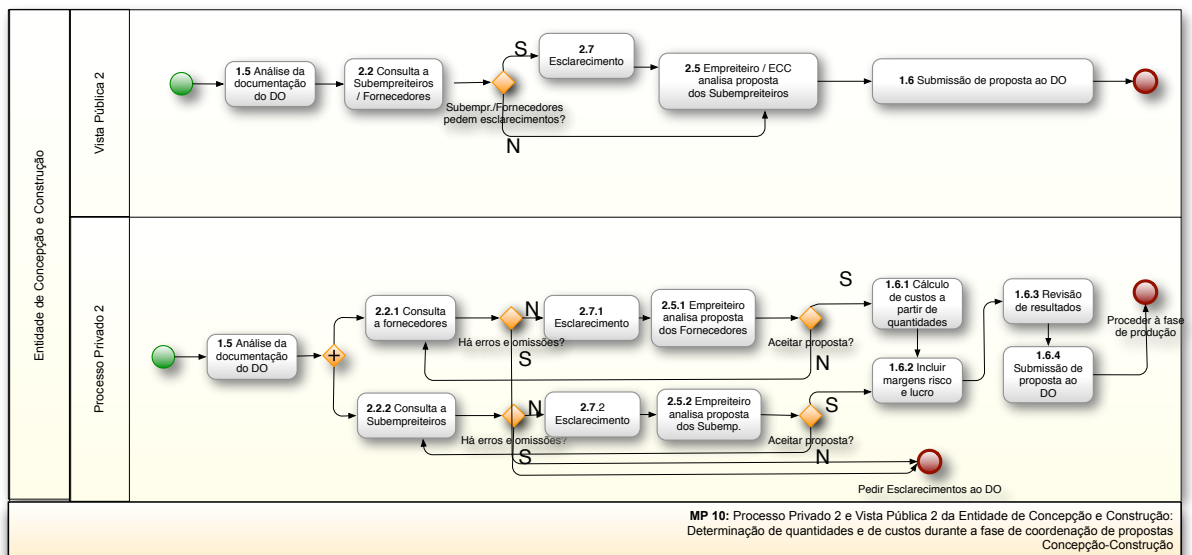


Figura 8.8 - Mapa de processos MP 10: Processo Privado 2 e Vista Pública 2 da Entidade de Concepção e Construção. Método de Concepção-Construção.

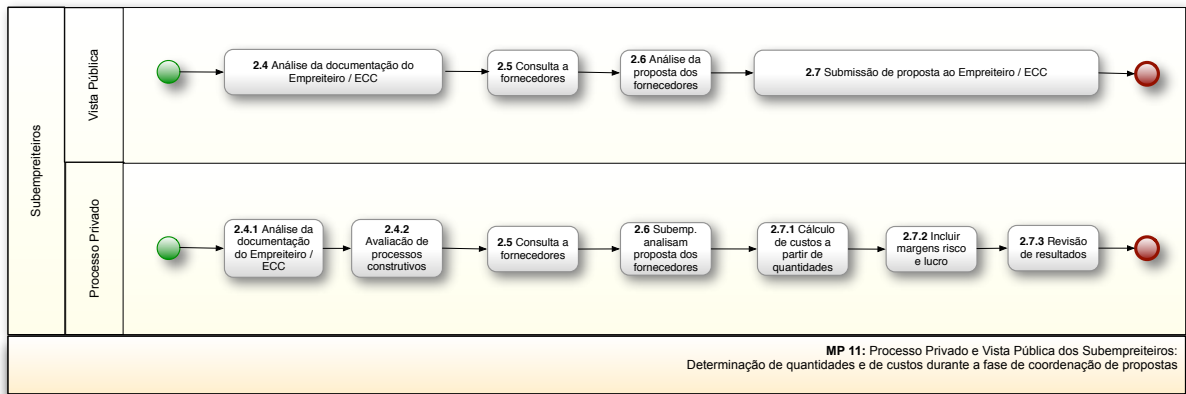


Figura 8.9 - Mapa de processos MP 11: Processo Privado e Vista Pública dos Subempreiteiros.

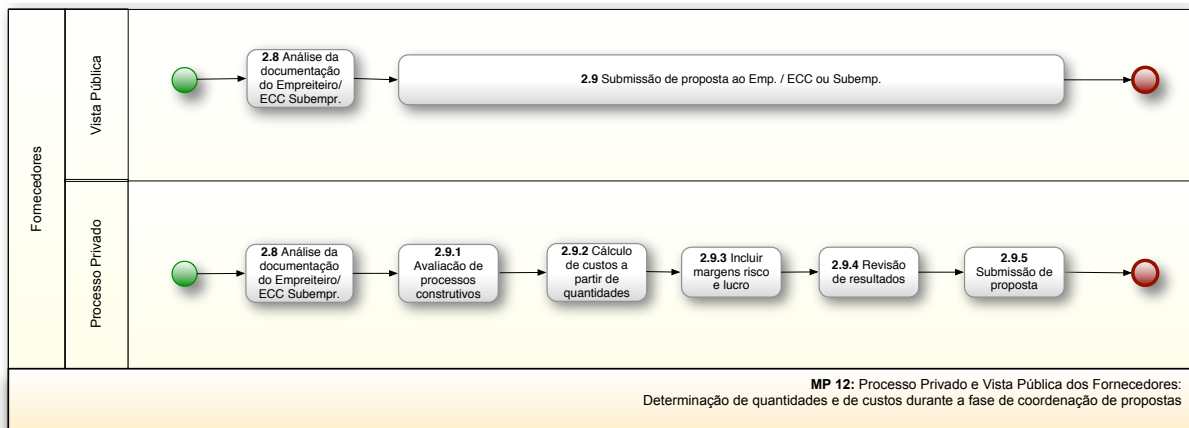


Figura 8.10 - Mapa de processos MP 12: Processo Privado e Vista Pública dos Fornecedores.

## 8.2. Representação de requisitos de troca em formato XSD

Nesta secção apresentam-se os ficheiros WRD do Dono de Obra – “WRDDData\_Dono-de\_Obra.xsd” e Entidade de concepção e construção – “WRDDData\_ECC.xsd” que definem as representações XSD dos requisitos de troca utilizados na validação do método proposto.

1 · WRDDData\_Dono\_de\_Obra.xsd · 2012-09-23 00:08 · João

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!-- edited with XMLSpy v2005 U (http://www.xmlspy.com) by Vlad (Ru-Board) -->
<xs:schema xmlns:wrddorderprocess="WRDOrderProcessNS" xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/
XMLSchema" xmlns:workflowinformation="WorkflowInformationNS"
targetNamespace="WRDOrderProcessNS" elementFormDefault="qualified"
attributeFormDefault="unqualified">
  <xs:import namespace="WorkflowInformationNS"
schemaLocation="WorkflowInformation.xsd"/>
  <xs:element name="WRDDData" type="wrddorderprocess:WRDDDataType">
    <xs:annotation>
      <xs:documentation>Comment describing your root element</xs:documentation>
    </xs:annotation>
  </xs:element>
  <xs:complexType name="WRDDDataType">
    <xs:sequence>
      <xs:element name="pedido_esclarecimento" type="xs:boolean"/>
      <!-- Requisitos Dono de Obra -->
      <xs:element name="Objectivos_da_obra" type="xs:string"/>
      <xs:element name="Caracteristicas_gerais" type="xs:string"/>
      <xs:element name="Localizacao_do_empreendimento" type="xs:string"/>
      <xs:element name="Elementos_topográficos_cartográficos_geotécnicos"
type="xs:string"/>
      <xs:element name="Levantamento" type="xs:string"/>
      <xs:element name="Exigências_da_obra" type="xs:string"/>
      <xs:element name="Indicações_relativas_ao_funcionamento_do_empreendimento"
type="xs:string"/>
      <xs:element name="Estimativa_de_custos_e_limite_de_desvios"
type="xs:string"/>
      <xs:element
name="Indicação_de_prazos_elaboração_do_projecto_e_execução_da_obra" type="xs:string"/>
      <!-- Esclarecimento -->
      <xs:element name="Esclarecimento" type="xs:string"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:schema>
```

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!-- edited with XMLSpy v2005 U (http://www.xmlspy.com) by Vlad (Ru-Board) -->
<xs:schema xmlns:wrdorderprocess="WRDOrderProcessNS" xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/
XMLSchema" xmlns:workflowinformation="WorkflowInformationNS"
targetNamespace="WRDOrderProcessNS" elementFormDefault="qualified"
attributeFormDefault="unqualified">
  <xs:import namespace="WorkflowInformationNS"
schemaLocation="WorkflowInformation.xsd"/>
  <xs:element name="WRDData" type="wrdorderprocess:WRDDataType">
    <xs:annotation>
      <xs:documentation>Comment describing your root element</xs:documentation>
    </xs:annotation>
  </xs:element>
  <xs:complexType name="WRDDataType">
    <xs:sequence>
      <xs:element name="pedido_esclarecimento" type="xs:boolean"/>

      <!-- Requisito de troca ER Quantidades -->
      <!-- Projecto -->
      <xs:element name="Nome_projecto" type="xs:string"/>
      <xs:element name="Unidades_proj" type="xs:string"/>
      <xs:element name="Informacao_entidade_proj" type="xs:string"/>
      <xs:element name="Autor_modelo_proj" type="xs:string"/>
      <!-- Estaleiro -->
      <xs:element name="Nome_estaleiro" type="xs:string"/>
      <xs:element name="elevacao_ref_estaleiro" type="xs:real"/>
      <xs:element name="Morada_estaleiro" type="xs:string"/>
      <!-- Edificio -->
      <xs:element name="identificacao_descricao_edificio" type="xs:string"/>
      <xs:element name="elevacao_edificio" type="xs:real"/>
      <xs:element name="tipo_utilizacao_edificio" type="xs:string"/>
      <xs:element name="Quantidades_edificio" type="xs:real"/>
      <!-- Andar do Edificio -->
      <xs:element name="identificacao_descricao_andar" type="xs:string"/>
      <xs:element name="Quantidades_andar" type="xs:real"/>
      <!-- Espaço -->
      <xs:element name="identificacao_espaco" type="xs:string"/>
      <xs:element name="descricao_espaco" type="xs:string"/>
      <xs:element name="Quantidades_espaco" type="xs:real"/>
      <!-- Elementos estruturais -->
      <!-- Laje -->
      <xs:element name="identificacao_laje" type="xs:string"/>
      <xs:element name="tipo_de_laje" type="xs:string"/>
      <xs:element name="Quantidades_laje" type="xs:real"/>
      <!-- Viga -->
      <xs:element name="identificacao_viga" type="xs:string"/>
      <xs:element name="tipo_de_viga" type="xs:string"/>
      <xs:element name="Quantidades_viga" type="xs:real"/>
      <!-- Pilar -->
      <xs:element name="identificacao_pilar" type="xs:string"/>
      <xs:element name="tipo_de_pilar" type="xs:string"/>
      <xs:element name="Quantidades_pilar" type="xs:real"/>
      <!-- Aberturas -->
      <xs:element name="identificacao_e_descricao_aberturas" type="xs:string"/>
      <xs:element name="Quantidades_aberturas" type="xs:real"/>
      <!-- Cobertura -->
      <xs:element name="identificacao_e_descricao_cobertura" type="xs:string"/>
      <xs:element name="Quantidades_cobertura" type="xs:real"/>
      <!-- Elementos construtivos -->
      <!-- Paredes -->
      <xs:element name="identificacao_paredes" type="xs:string"/>
      <xs:element name="tipo_de_construcao_paredes" type="xs:string"/>
      <xs:element name="exterior_ou_interior_paredes" type="xs:string"/>
      <xs:element name="class_resistencia_ao_fogo_paredes" type="xs:string"/>

```

2 · WRDData\_ECC.xsd · 2012-09-23 19:50 · João

---

```
<xs:element name="Quantidades_paredes" type="xs:real"/>
<!-- Portas -->
<xs:element name="identificacao_portas" type="xs:string"/>
<xs:element name="tipo_de_porta" type="xs:string"/>
<xs:element name="exterior_ou_interior_portas" type="xs:string"/>
<xs:element name="class_resistencia_ao_fogo_portas" type="xs:string"/>
<xs:element name="Quantidades_portas" type="xs:real"/>
<!-- Janelas -->
<xs:element name="identificacao_janelas" type="xs:string"/>
<xs:element name="tipo_de_janela" type="xs:string"/>
<xs:element name="exterior_ou_interior_janelas" type="xs:string"/>
<xs:element name="class_resistencia_ao_fogo_janelas" type="xs:string"/>
<xs:element name="Quantidades_janelas" type="xs:real"/>

<!-- Requisito de troca ER Determinacao de custos -->
<!-- Grupos de custos -->
<xs:element name="nome_e_descricao_gc" type="xs:string"/>
<xs:element name="definicao_do_elemento_gc" type="xs:string"/>
<xs:element name="codigo_gc" type="xs:string"/>
<!-- Quantidades para Grupos de custos -->
<xs:element name="Quantidades_gc" type="xs:real"/>
<!-- Orcamento -->
<xs:element name="codigo_elemento_orc" type="xs:string"/>
<xs:element name="designacao_elemento_orc" type="xs:string"/>
<xs:element name="unidade_orc" type="xs:string"/>
<xs:element name="Quantidades_orc" type="xs:real"/>
<xs:element name="Preco_venda_unitario_orc" type="xs:real"/>
<xs:element name="Preco_total_orc" type="xs:real"/>
</xs:sequence>
</xs:complexType>
</xs:schema>
```