

APLICAÇÃO DE MODELOS DE INFORMAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO A EMPREENHIMENTOS DE PEQUENA DIMENSÃO

ANTÓNIO JORGE RODRIGUES PICOTÊS

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor João Pedro Poças Martins

JULHO DE 2010

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2009/2010

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

À memória do meu avô

A sabedoria consiste em compreender que o tempo dedicado ao trabalho nunca é perdido...

Ralph Waldo Emerson

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho foi possível devido a colaboração de algumas pessoas que, através do seu apoio científico, técnico ou apenas a um nível emocional, foram importantes para o seu desenvolvimento. Assim sendo, não poderia deixar de particularizar algumas pessoas, nomeadamente:

O professor doutor João Pedro Poças Martins, orientador deste trabalho, pela forma exemplar como me guiou através de rigor, disponibilidade, partilha de conhecimentos, boa disposição e apoio incondicional.

Ao engenheiro António Meireles, arquitecto Edgar Costa e à empresa Mota-Engil em geral pela ajuda e pela disponibilização de documentos importantes para a melhor compreensão do tema do trabalho.

Ao engenheiro e amigo Romeu Xavier, arquitecto Filipe Marinho e à empresa Manutel em geral pela disponibilidade e ajuda necessária na elaboração do caso de estudo deste trabalho.

Aos amigos da minha Vila que, por terem um carácter único que os caracteriza, foram uma grande fonte de motivação durante todo o período em que elaborei este trabalho.

Ao meu amigo André Ferreira pela tradução do resumo do trabalho para inglês e pelo interesse demonstrado em ajudar-me.

Aos amigos da faculdade, Pedro Lázaro, Pedro Mota e Rui Agrelós pelo companheirismo e apoio incondicional durante todo o curso.

À minha namorada Carla Carvalho pelo enorme apoio, amor, amizade e dedicação à minha pessoa durante todo o período que nos une.

Por fim, queria agradecer à minha família, em particular aos meus pais, irmão e avós pelo acompanhamento em toda esta fase de algum isolamento, que agora culmina, através de incentivo, apoio incondicional e carinho.

RESUMO

A ineficiente gestão da informação no sector da construção, especialmente quando comparada com outras actividades industriais, resulta, em grande medida, da troca ineficaz de informação entre os diferentes intervenientes no processo de construção.

Padronizar a comunicação, partilhar e integrar eficazmente a informação são aspectos técnicos e organizacionais que devem ser promovidos. Tendo em conta que os modelos de informação para a construção (BIM) possibilitam aos intervenientes do processo construtivo o acesso à informação relevante produzida em todas as fases, assim como o armazenamento dessa mesma informação (sob a forma de uma base de dados) para posterior utilização, podem ser a resposta a estes desafios.

Ao longo dos tempos têm sido propostos diferentes modelos de informação para a construção. No entanto, nenhum deles foi capaz de persuadir o sector para a sua implementação generalizada. Isto pode ser explicado pelo facto de os benefícios que podem ser retirados de um modelo deste género só serem potenciados quando um elevado número de profissionais da construção os utilizarem e adoptarem, facto este que ainda não se confirma.

Os BIM representam uma revolução no campo dos sistemas CAD, sendo que estão orientados para fazer a gestão da informação de todos os elementos do edifício durante o ciclo de vida deste. Inicia-se um novo caminho a ser explorado pelos profissionais que integram as áreas da Arquitectura, Engenharia e Construção (AEC) no sentido da colaboração, interoperabilidade e reutilização da informação. Esta abordagem visa a competitividade e a melhoria contínua no processo de desenvolvimento dos produtos da construção.

A adopção desta tecnologia por parte das PME torna-se um campo de análise importante visto que estas têm um peso muito significativo no sector da construção, particularmente em Portugal, representando os cenários mais frequentes que se colocam aos profissionais deste sector.

Este trabalho foi orientado no sentido de expor as vantagens e dificuldades que um sistema baseado num BIM pode ter na integração e na implementação em empresas do sector da construção, em particular nas empresas de pequena dimensão.

Para além de toda a compilação de informações relevantes para dar resposta a essas questões, desenvolveu-se um estudo de caso no sentido de validar as hipóteses levantadas ao longo do trabalho. Os resultados obtidos realçam que, tendo em conta as particularidades das PME e certos cuidados específicos, os BIM podem ser uma solução válida para ultrapassar as dificuldades por estas apresentadas.

PALAVRAS-CHAVE: BIM, PME, empreendimentos de pequena dimensão, gestão da informação, tecnologias de informação e comunicação

ABSTRACT

The inefficient information management in the construction industry, especially when compared to other industrial activities, results largely, from the ineffective exchange of information between different actors in the construction process.

Standardizing the communication, sharing and integrating information effectively are technical and organizational aspects that should be promoted. To do so, it is possible to use building information models (BIM). These models enable stakeholders of the construction process to access relevant information produced at every stage, as well as the storage of that information (in the form of a database) for later use.

Over time different building information models have been proposed. However, none was able to persuade the industry to its widespread implementation, since the benefits derived from a model of this kind are enhanced the more sector partners use it.

The BIM represents a revolution in the field of CAD systems, and are geared to manage the information of all elements of the building during its lifecycle. A new path begins to be explored by professionals within the areas of Architecture, Engineering & Construction (AEC) in the sense of collaboration, interoperability and reuse of information. This approach aims at competitiveness and continuous improvement in the development process of building products.

The adoption of this technology by SME becomes an important field of analysis since they have a very significant weight in the construction industry, particularly in Portugal, representing the most common scenarios that arise for professionals in this sector.

This work was directed to explain the advantages and difficulties that a system based on BIM can face in integration and implementation firms in the construction industry, particularly in small enterprises.

Beyond all the compilation of relevant information to answer these questions, a case study was developed in order to validate the hypotheses throughout the paper. The results highlight that, taking into account the particularities of SME and certain specific cautions, the BIM may be a valid solution to overcome the difficulties presented by them.

KEYWORDS: BIM, SME, small projects, information management, information and communication technologies

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2. ÂMBITO E OBJECTIVOS	2
1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	2
2. ESTADO DA ARTE	5
2.1. GESTÃO DA INFORMAÇÃO	5
2.1.1. ASPECTOS GERAIS	5
2.1.2. CONCEITO	6
2.1.3. GESTÃO DA INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO	6
2.1.4. INEFICIÊNCIA NA GESTÃO DA INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO	8
2.1.5. TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO NA DINAMIZAÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO	10
2.2. MODELOS DE INFORMAÇÃO	12
2.2.1. CONCEITO	12
2.2.2. DAS ORIGENS DO CAD AOS PRIMEIROS MODELOS PARAMÉTRICOS	12
2.2.3. DISTINÇÃO ENTRE MODELOS DE INFORMAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO COMPLETOS E PARCIAIS	13
2.3. BIM	15
2.3.1. CONCEITO	15
2.3.2. EVOLUÇÃO HISTÓRICA	16
2.3.3. FERRAMENTAS BIM	17
2.3.3.1. Ferramentas Comerciais	17
2.3.3.2. Ferramentas Livres	18
2.3.4. VANTAGENS E OPORTUNIDADES	19
2.3.5. DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO	20
2.3.6. IMPLEMENTAÇÃO E DINAMIZAÇÃO CORRECTA	21
2.4. IFC	22
2.4.1. CONCEITO	22

2.4.2. ARQUITECTURA DO MODELO.....	22
2.4.3. CONTEXTO HISTÓRICO	24
2.4.4. COMPATIBILIDADE DOS FORMATOS	24
3. OS BIM E O PROCESSO CONSTRUTIVO	27
3.1. INTRODUÇÃO	27
3.2. SECTOR DA CONSTRUÇÃO	27
3.2.1. EVOLUÇÕES NO SECTOR	27
3.2.2. ESPECIFICIDADES DE CARÁCTER GERAL	28
3.2.3. SITUAÇÃO NACIONAL.....	29
3.3. PROCESSO CONSTRUTIVO	30
3.3.1. FLUXO DE INFORMAÇÃO.....	30
3.3.2. INFORMAÇÃO PRODUZIDA NAS DIFERENTES FASES DO PROCESSO CONSTRUTIVO	32
3.3.2.1. Aspectos Gerais	32
3.3.2.2. Promoção	33
3.3.2.3. Projecto.....	33
3.3.2.4. Licenciamento.....	34
3.3.2.5. Construção	35
3.3.2.6. Utilização e Manutenção	36
3.3.2.7. Demolição.....	36
3.3.3. PAPEL DOS INTERVENIENTES NO PROCESSO CONSTRUTIVO NA INTEGRAÇÃO DOS BIM	37
3.3.3.1. Aspectos Gerais	37
3.3.3.2. Dono-de-Obra.....	39
3.3.3.3. Equipa Projectista.....	39
3.3.3.4. Empreiteiro	40
3.3.3.5. Entidades Licenciadoras	41
3.3.4. PAPEL DE ENTIDADES EXTERIORES AO PROCESSO CONSTRUTIVO NA INTEGRAÇÃO DOS BIM	41
3.3.4.1. Responsabilidades das Instituições de Ensino	41
3.3.4.2. Papel dos BIM como Resposta à legislação - Caso Português	42
3.3.5. CARACTERÍSTICAS DESEJÁVEIS NUM MODELO DE INFORMAÇÃO	43
3.3.6. ALTERAÇÕES NECESSÁRIAS	44

4. PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS	45
4.1. INTRODUÇÃO	45
4.2. DEFINIÇÃO DE MICRO, PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS	45
4.3. PME DO SECTOR DA CONSTRUÇÃO	46
4.3.1. SITUAÇÃO NACIONAL	46
4.3.2. DIFICULDADES EXISTENTES PARA O AUMENTO DE PRODUTIVIDADE	48
4.4. TIC NAS PME	49
4.4.1. BARREIRAS PARA A SUA IMPLEMENTAÇÃO	49
4.4.2. RISCOS	50
4.4.3. VANTAGENS SOBRE AS GRANDES EMPRESAS.....	51
4.4.4. IMPORTÂNCIA DO PLANEAMENTO ESTRATÉGICO	51
4.5. PME E OS MODELOS DE INFORMAÇÃO BASEADOS NUM BIM	52
4.5.1. ASPECTOS GERAIS	52
4.5.2. POTENCIALIDADES DOS BIM.....	53
5. CASO DE ESTUDO	55
5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	55
5.2. OBJECTIVOS DA REALIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO	55
5.3. METODOLOGIA DE ANÁLISE	55
5.4. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	56
5.5. UTILIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO	56
5.5.1. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA DIFUSÃO DAS TI	56
5.5.2. SOFTWARES UTILIZADOS.....	57
5.5.3. MEIOS PARA TROCA DE INFORMAÇÃO.....	58
5.6. PROCESSO DE PROJECTO DA EMPRESA	58
5.6.1. FASES DO PROCESSO	58
5.6.2. USO DO SISTEMA CAD "TRADICIONAL" NO PROCESSO	59
5.7. COMPARAÇÃO DO SISTEMA CAD "TRADICIONAL" COM O SISTEMA BIM	59
5.7.1. ASPECTOS GERAIS	59
5.7.2. PRODUTIVIDADE.....	59
5.7.3. GESTÃO DA INFORMAÇÃO DO PROJECTO	60
5.7.4. VISUALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO DO PROJECTO.....	61
5.7.5. INTEROPERABILIDADE.....	61

5.7.6. RECURSOS EXIGIDOS PELOS SOFTWARES	63
5.7.7. CUSTOS ASSOCIADOS AOS SOFTWARES	64
5.7.8. DIFERENÇAS NO PROCESSO DE PROJECTO	65
5.8. VANTAGENS E DIFICULDADES PREVISÍVEIS DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA BIM.....	66
5.9. CONCLUSÕES.....	68
6. CONCLUSÕES.....	69
6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	70
BIBLIOGRAFIA.....	73

ANEXO 1 - OBRAS BIM EM PORTUGAL

ANEXO 2 - ALGUMAS FERRAMENTAS BIM COMERCIAIS

ANEXO 3 - SOFTWARES COMPATÍVEIS COM AS DIFERENTES VERSÕES DO MODELO IFC

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 - Oportunidades para a gestão da informação.....	5
Fig. 2 - Distribuição dos trabalhadores da construção em Portugal	7
Fig. 3 - Processo construtivo: Perda de valor entre fases.	8
Fig. 4 - Produtividade da IC comparada com outras indústrias (EUA)	9
Fig. 5 - Diferenças entre ciclo colaborativo e conflitivo	10
Fig. 6 - Cenários relacionados ao uso de TI na construção	11
Fig. 7 - Modelos completos e parciais.....	15
Fig. 8 - Exemplo do funcionamento da parametrização num programa BIM	16
Fig. 9 - Resultados da sondagem elaborada pela AECbytes	18
Fig. 10 - BIM: Criação de condições favoráveis à realização simultânea do trabalho de diversos projectistas	20
Fig. 11 - A interoperabilidade	22
Fig. 12 - Arquitectura do modelo IFC	23
Fig. 13 - Padrões de interoperabilidade abertos	25
Fig. 14 - Exemplo do fluxo de informação numa pequena empresa	31
Fig. 15 - Esquema do processo construtivo proposto.....	32
Fig. 16 - Necessidade de informação versus posição na organização	33
Fig. 17 - Produção de informação e sua formalização ao longo das fases de projecto	34
Fig. 18 - Desagregação de elementos do projecto a distribuir por subempreiteiros	36
Fig. 19 - Esquema da filosofia PLM	37
Fig. 20 - Envolvimento dos diversos intervenientes no desenvolvimento do processo construtivo baseado num BIM	38
Fig. 21 - Passos para a implementação de TIC numa empresa de construção.....	52
Fig. 22 - BIM no topo da evolução das TIC.....	54
Fig. 23 - Exemplo da centralização das informações - "modelo único"	60
Fig. 24 - Necessidade de troca de informações entre diferentes softwares e a interoperabilidade	62
Fig. 25 - Exemplo de um render elaborado com o software CAD	63
Fig. 26 - Processo de elaboração de um render com o software BIM.....	64
Fig. 27 - Diferenças entre o CAD e os BIM no processo de projecto	65

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Custos de projecto relativamente a custos de produção	6
Tabela 2 - Diferenças entre o modelo completo e o modelo parcial.....	14
Tabela 3 - Síntese comparada da situação da construção no passado e na actualidade	28
Tabela 4 - Definição das Empresas segundo o Decreto-Lei n.º 372/2007, de 6 de Novembro	46
Tabela 5 - Indicadores das empresas de construção portuguesas (2005).....	47
Tabela 6 - Softwares e a sua utilização na empresa	57
Tabela 7 - Caso de estudo: Análise SWOT	67

ABREVIATURAS

AEC - Arquitectura, Engenharia e Construção

API - *Application Programming Interface*

BIM - *Building Information Model*

CAD - *Computer-Aided Design*

CRT - *Cathode Ray Tube*

IAI - *International Alliance for Interoperability*

IBM - *International Business Machines*

IFC - *Industry Foundation Classes*

INE - Instituto Nacional de Estatística

ISO - *International Standard Organization*

MIT - *Massachusetts Institute of Technology*

PLM - *Product Lifecycle Management*

PME - Pequenas e Médias Empresas

RCD - Resíduos de Construção e Demolição

STEP - *Standard for Exchange of Product Model Data*

TI - Tecnologias de Informação

TIC - Tecnologias da Informação e Comunicação

UE - União Europeia

1

INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O campo da engenharia civil é uma área de estudos relativamente vasta. Por ser uma ciência em constante desenvolvimento, desde as civilizações antigas existem abundantes conhecimentos implementados e com grande impacto na qualidade de vida do Homem, visto que esta depende da qualidade das suas construções.

A indústria da construção é frequentemente criticada pela sua resistência à inovação e pela adopção lenta de novas tecnologias e métodos modernos de gestão. No entanto, num mercado cada vez mais competitivo, o método mais óbvio de sobrevivência das empresas do sector da construção, com valores de produtividade positivos, depende frequentemente da automatização e informatização de tarefas tradicionalmente executadas de uma maneira morosa e complexa. Esta questão tem sido tema de análise por parte de vários críticos e analistas da indústria da construção, com o objectivo de delinear estratégias capazes de permitir o desenvolvimento deste sector. No entanto, dada a especificidade de intervenção e diversidade de dimensão, localização e inserção cultural de cada empresa, revela-se complicado definir uma estratégia de gestão que tenha uma aplicação generalista. Assim sendo, e apesar de haver aspectos comuns, pode afirmar-se que não existe uma fórmula universal, uma vez que cada empresa requer soluções específicas.

O conhecimento adquirido, e agora necessário, das tecnologias de construção utilizadas nos edifícios existentes tem vindo a perder-se com a introdução de novas técnicas que, por vezes, não são as melhores, pois ocultam grande parte dos processos, dando a ideia (falsa) que se assimilam todas as informações. Existe, portanto, a necessidade de armazenar e tornar acessível o conhecimento adquirido para futuras intervenções. Os meios informáticos existentes nos dias de hoje, que não existiam à data da realização das construções até aos anos 80, tornam o armazenamento e o acesso à informação sistemático, organizado e sem grandes limitações em termos de capacidade de memória.

A inexistência de uma linguagem comum implica a reintrodução de dados, pouca interacção entre softwares, pouco entendimento entre os agentes da construção e uso incipiente da tecnologia da informação. Portanto, melhorar a comunicação, a troca e a integração da informação são desafios técnicos e organizacionais que devem ser superados. Um dos desafios é a padronização da informação na indústria da construção.

Os BIM (*Building Information Model*) surgem com o objectivo de dar resposta a todas as questões levantadas anteriormente. Na opinião de muitos autores, os BIM são uma tecnologia revolucionária, capaz de alterar radicalmente as práticas de trabalho actuais, visto que permitem uma redução acentuada do esforço necessário para a representação da informação, para além de constituírem

formatos padrão nesse mesmo sentido. Os sistemas BIM representam uma revolução nas ferramentas CAD, passando estas a ser "inteligentes" e orientadas para a gestão da informação dos elementos da construção em todo o ciclo de vida do edifício. Inicia-se um novo caminho a ser explorado pelos profissionais que actuam na área de Arquitectura, Engenharia e Construção (AEC) em direcção à colaboração, interoperabilidade e reutilização da informação. Esta abordagem visa a competitividade e a melhoria contínua do processo de desenvolvimento dos produtos da construção.

Apesar do enorme potencial reconhecido nos BIM, observa-se que a sua adopção por parte da comunidade de potenciais utilizadores é muito reduzida. Estudos efectuados em diferentes países revelam que apenas uma pequena parte dos técnicos do sector experimentaram já ferramentas BIM. Assim, importa reflectir acerca da capacidade dos BIM em dar resposta aos problemas concretos da construção nos tempos que correm, tendo em conta os regulamentos, as organizações e as práticas de trabalho existentes.

As empresas do sector da construção são constituídas, na sua esmagadora maioria, por empresas de pequena e média dimensão. Estas empresas associam-se aos cenários mais correntes que se colocam aos profissionais do sector da construção, sendo de todo importante a sua análise quando se pretende elaborar um estudo sobre qualquer assunto relacionado com a indústria da construção.

Os documentos gerados ao longo de um projecto de construção são, geralmente, constituídos por um conjunto de peças escritas (cadernos de encargos, cláusulas gerais, técnicas e especiais, lista de preços) e desenhadas (plantas, alçados, cortes, pormenores). A gestão desta enorme quantidade e variedade de informação torna-se especialmente complicada para as PME não detentoras de níveis de organização, eficiência e qualificação existentes nas empresas de maior dimensão, havendo, por isso, repercussões no produto construído em termos de prazo, qualidade e custos.

As peculiaridades existentes nas PME da construção apresentam-se, então, como um grande desafio no campo da gestão. Estas carecem de soluções específicas que melhorem e dinamizem os seus métodos de trabalho e organizacionais. Neste sentido, as TIC, e em particular os BIM, podem ser entendidas como ferramentas essenciais pois, implementadas de maneira correcta, podem aumentar a produtividade em grande escala.

A necessidade de maiores investimentos para actualizar as ferramentas informáticas e o próprio tempo dispendido para a sua aprendizagem pode ser entendido como ameaçador para as PME. No entanto, admite-se que os ganhos associados ao melhor desempenho da empresa podem colmatar essa perda inicial de capital.

As ferramentas BIM podem ser uma solução válida para as PME no que diz respeito à correcta gestão de toda a informação produzida durante o processo construtivo. Para isso, devem ser desenvolvidos esforços no sentido de ultrapassar as dificuldades deste tipo de empresas, recorrendo a todas as potencialidades que um sistema BIM pode oferecer.

1.2. ÂMBITO E OBJECTIVOS

Esta dissertação foi elaborada no âmbito da disciplina de "Dissertação em Construções" do curso de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, no ramo de especialização de Construções Civis.

O presente trabalho foi desenvolvido com o objectivo de apresentar e discutir a questão da aplicabilidade de modelos de informação para a construção a empreendimentos de pequena dimensão. Esclarece-se que o objectivo foi avaliar essa aplicabilidade a empresas de pequena e média dimensão que realizam empreendimentos de pequena dimensão, pois podia criar-se a ideia que o objectivo seria

avaliar a aplicabilidade desses modelos a empreendimentos de pequena dimensão realizados por todo o tipo de empresas.

Os objectivos definidos inicialmente foram:

- Analisar o estado da arte em torno dos modelos de informação para a construção;
- Elaborar um levantamento de ferramentas BIM comerciais e livres, em particular daquelas que são compatíveis com o modelo IFC (*Industry Foundation Classes*);
- Analisar a influência dos BIM no processo construtivo, evidenciando, neste sentido, o papel de cada um dos intervenientes;
- Evidenciar as vantagens e dificuldades da implementação das tecnologias de informação e comunicação (TIC), em particular a tecnologia BIM, nas pequenas e médias empresas (PME);
- Elaborar um estudo de caso.

1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos, sendo constituída por duas partes principais. A primeira trata o conhecimento ao nível dos Modelos de Informação para a Construção (BIM) desde a importância da gestão da informação até ao processo construtivo em si e aborda assuntos relacionados com as TIC nas empresas de pequena e média dimensão. Na segunda parte é feita uma aplicação prática dos conhecimentos adquiridos durante a elaboração da primeira parte do trabalho, traduzindo-se este num caso de estudo.

No capítulo 1 introduz-se a temática dos Modelos de Informação para a Construção, descreve-se o âmbito e objectivos do estudo e apresenta-se a estrutura da dissertação elaborada.

O capítulo 2 aborda o estado do conhecimento no campo da gestão da informação na construção, dos modelos de informação, dos BIM e em particular do modelo IFC.

O capítulo 3 trata da influência dos BIM em todo o processo construtivo. São evidenciadas as informações produzidas nas diversas fases do processo que são relevantes para um sistema de informação e definidos os papéis das entidades que têm influência directa e indirecta em todo o ciclo construtivo.

No capítulo 4 explora-se a temática em torno das TIC aplicadas às PME, em particular a importância que as tecnologias BIM têm nos processos produtivos das empresas.

No capítulo 5 é elaborado um caso de estudo com o intuito de avaliar a aplicabilidade dos sistemas BIM numa empresa de pequena dimensão.

No último capítulo apresentam-se as conclusões do estudo efectuado, as principais dificuldades encontradas na elaboração deste e algumas perspectivas e recomendações de evolução futura.

2

ESTADO DA ARTE

2.1. GESTÃO DA INFORMAÇÃO

2.1.1. ASPECTOS GERAIS

A informação assume, hoje em dia, uma importância crescente. Esta tem um papel preponderante a nível da empresa na descoberta e introdução de novas tecnologias, na análise das oportunidades de investimento e ainda no planeamento de toda a actividade industrial.

À escala das organizações, a informação é um factor decisivo na gestão, por ser um recurso importante e indispensável, tanto no contexto interno como no relacionamento com o exterior. Quanto mais fiável, oportuna e exhaustiva for essa informação, mais coesa será a empresa e maior será o seu potencial de resposta às solicitações concorrenciais. Alcançar este objectivo depende, em grande parte, do reconhecimento da importância da informação e do aproveitamento das oportunidades oferecidas pela tecnologia para orientarem os problemas enraizados da informação.

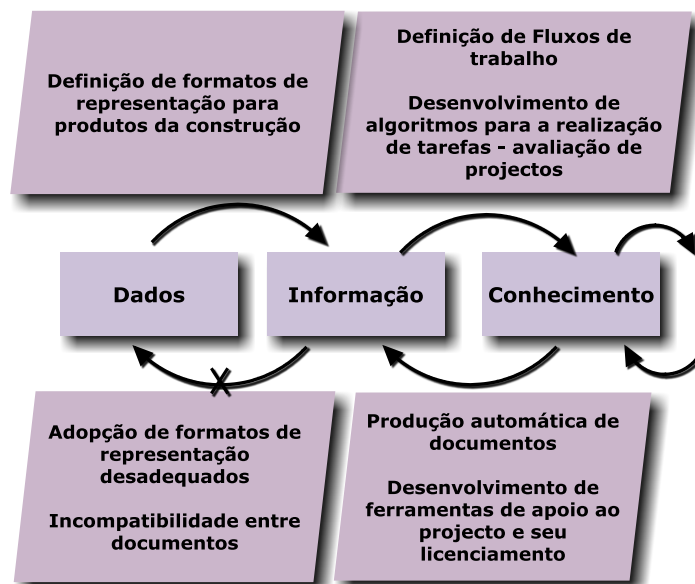


Fig. 1– Oportunidades para a gestão da informação

A revolução da informação exige, assim, mudanças profundas no modo como vemos a sociedade na sua organização e estrutura, o que se traduz num grande desafio: aproveitar as oportunidades, dominando os riscos inerentes ou submeter-se aos riscos com todas as incertezas que acarretam.

Na chamada "sociedade de informação", a informação possui um efeito multiplicador que dinamizará todos os sectores da economia, constituindo, por sua vez, a força motora do desenvolvimento político, económico, social, cultural e tecnológico. O acesso à informação e a capacidade de, a partir desta, extrair e aplicar conhecimentos são vitais para o aumento da capacidade concorrencial e o desenvolvimento das actividades comerciais num mercado sem fronteiras. As vantagens competitivas são agora obtidas através da utilização de redes de comunicação e de sistemas informáticos que ligam empresas, clientes e fornecedores (BRAGA, A., 1996).

2.1.2. CONCEITO

"A informação é considerada como o ingrediente básico do qual dependem os processos de decisão" (CAUTELA, A. and POLIONI, F., 1982).

Se, por um lado, uma empresa não funciona sem informação, por outro, é importante saber utilizá-la e aprender novos modos de a ver para que a empresa funcione melhor, isto é, para que se torne mais produtiva. Assim, quanto mais importante for determinada informação para as necessidades da empresa e quanto mais rápido for o acesso a ela, mais depressa essa empresa poderá atingir os seus objectivos de uma forma eficaz.

Isto leva-nos a considerar que a quantidade de informação e as fontes de onde ela provém são, para uma organização, um importante recurso que necessita e tem que ser gerido. Este é o objectivo da gestão da informação.

"Gerir a informação é, assim, decidir o que fazer com base em informação e decidir o que fazer sobre informação. É ter a capacidade de seleccionar dum repositório de informação disponível aquela que é relevante para uma determinada decisão e, também, construir a estrutura e o design desse repositório" (ZORRINHO, C., 1995).

Em suma, a gestão da informação é entendida como a gestão eficaz de todos os recursos de informação relevantes para uma organização (tanto dos gerados internamente como dos produzidos externamente), fazendo apelo, quando necessário, às tecnologias de informação (BRAGA, A., 1996).

2.1.3. GESTÃO DA INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO

Até meados do século XIX, a construção foi a actividade com maior consumo de recursos humanos e materiais, podendo mesmo dizer-se que era um sector na vanguarda da tecnologia. No entanto, durante o último século, esta tendência inverteu-se e outras indústrias ultrapassaram, em grande escala, o custo de desenvolvimento dos seus produtos quando comparados com o custo de projecto de qualquer obra.

Tabela 1 – Custos de projecto relativamente a custos de produção (EASTMAN, C., 1999)

<i>Exemplo</i>	<i>Custo/Un</i>	<i>Design</i>	<i>Relação</i>
Microprocessador	€ * 10 ²	€ * 10 ⁸	1 / 1 Milhão
Electrónica de consumo	€ * 10 ²	€ * 10 ⁶	1 / Milhares
Construção	€ * 10 ⁶	€ * 10 ⁵	<1 / 0.1

Os valores apresentados na tabela anterior (tabela 1) demonstram que a indústria da construção é uma indústria com uma relação com o projecto diferente das outras indústrias referidas. Assim, o valor apresentado na coluna *Design* da tabela tem uma interpretação e um conteúdo distinto para a construção. Para as outras indústrias mencionadas, *Design* inclui não só o projecto do produto (incluindo todas as fases necessárias ao seu desenvolvimento) mas também os recursos gastos com a investigação e desenvolvimento. Na construção, a grande maioria das empresas do sector não apostam na investigação e desenvolvimento, pelo menos da forma como ela é entendida na indústria electrónica ou automóvel, por exemplo. Assim, para a indústria da construção, *Design* corresponde, em geral, apenas aos recursos gastos no desenvolvimento do projecto original, como é próprio do projecto de um protótipo, mas não obrigatoriamente inovador. Pode afirmar-se que no sector da construção a "curva de aprendizagem" é constantemente interrompida após a criação de um novo produto, significando isto que o sector é caracterizado pelo desperdício de tempo, energia e material (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

Num produto de construção, a qualquer requisito de desempenho podem ser associadas diversas soluções distintas. Este facto dificulta a padronização de modelos de informação detalhados para a construção, principalmente para as tarefas que se situam na fase de projecto. Importa então que, sempre que possível, se adoptem soluções estandardizadas para melhorar o fluxo de informação e, consequentemente, de trabalho em todas as fases do processo construtivo.

Outra característica do sector da construção civil é a sua dispersão. Em Portugal, por exemplo, o sector é constituído por um grande número de pequenas empresas (cerca de 92% com menos de 10 trabalhadores), sendo estes responsáveis por mais de um terço do volume de negócios do sector (INE, 2008). O baixo poder financeiro da maioria das empresas não é favorável ao desenvolvimento das tecnologias da informação e à alteração de procedimentos habituais.

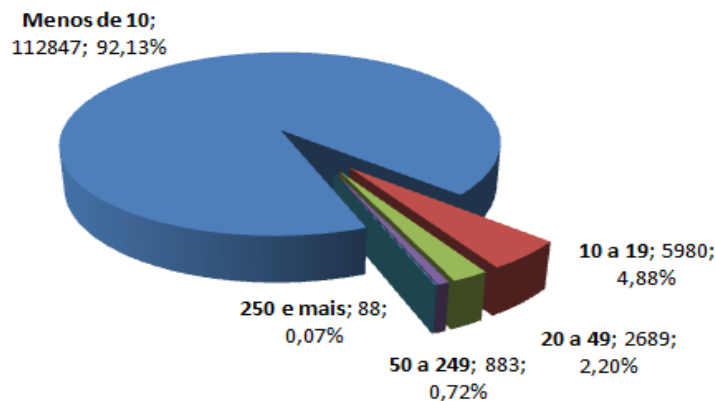


Fig. 2 – Distribuição dos trabalhadores da construção em Portugal (INE, 2008)

Na construção nacional, o volume de trabalho correspondente às obras públicas é muito acentuado e os processos deste são de tal forma específicos que esta particularidade pode ser encarada como uma oportunidade para mudar as práticas na forma de representar a construção. Assim, o promotor pode exigir formatos padronizados que deverão ser cumpridos pelos seus fornecedores.

As formas habituais de contratação na construção separam claramente as fases de projecto e de execução. Com este cenário, não é possível ajustar o projecto às características de quem o executará, o que seria desejável uma vez que existe perda de informações entre as sucessivas fases do processo construtivo. Os melhores exemplos de eficácia na transição da informação entre as fases de projecto e construção surgem nos projectos "concepção-construção". Neste caso, os trabalhos correspondentes às fases referidas são adjudicados à mesma entidade.

Pode então concluir-se que o sector da construção é caracterizado por uma perda sucessiva de valor entre as fases do processo construtivo, como consequência da falta de coordenação, organização e da troca eficaz de informação entre os elementos que participam em cada uma delas.

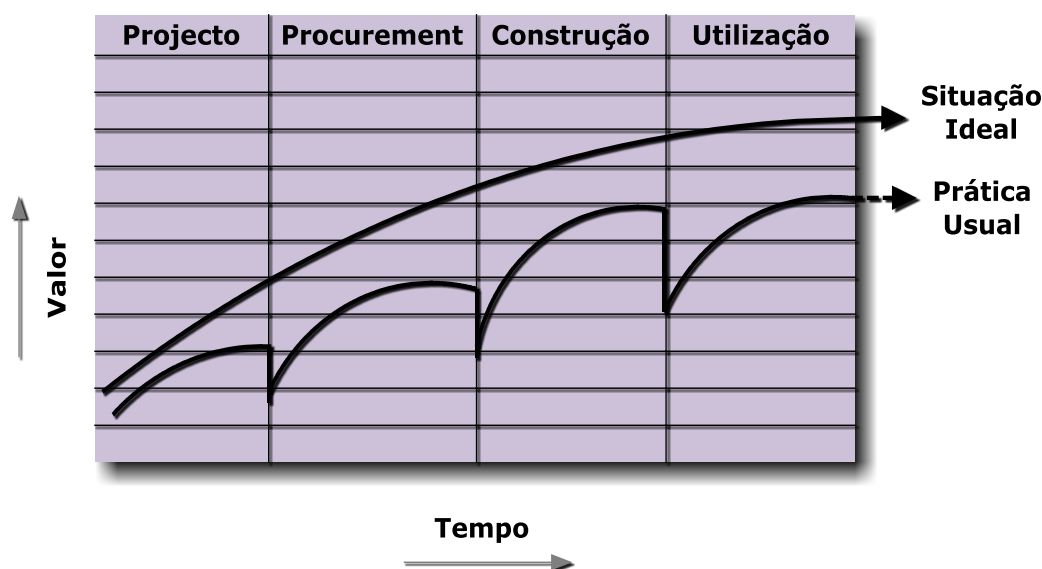


Fig. 3 – Processo construtivo: Perda de valor entre fases. Adaptado a partir de (Bernstein 2005).

2.1.4. INEFICIÊNCIA NA GESTÃO DA INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO

A escassez de investimento no desenvolvimento tecnológico da indústria da construção tem prejudicado muito este sector. No entanto, o cenário tem tendência a modificar visto que para uma indústria sobreviver tem que ser competitiva, dinâmica, utilizando estratégias que permitam tomar decisões oportunas e eficazes. Para isso, o sector da construção tem que acompanhar a evolução mundial e modernizar-se, investindo nos trabalhadores e nos equipamentos ou simplesmente com o objectivo de sobreviver. Algumas mudanças de carácter tecnológico já foram implementadas no sector da construção, ficando este mais competitivo e dinâmico. No entanto, devido aos riscos e incertezas inerentes às inovações tecnológicas, estas não são aceites por uma grande parte do sector, sendo adoptadas por um número considerável de empresas só depois de consolidadas.

Podem considerar-se como principais obstáculos à inovação os dois seguintes factores:

- **Natureza singular dos projectos:** Cada projecto é único e contém muitas especificidades, o que faz com que não existam procedimentos totalmente iguais para o seu desenvolvimento, sendo esta uma condição desejável para a implementação mais correcta das tecnologias de gestão da informação;
- **Dependência do desenvolvimento de novos materiais e equipamentos para a produção:** O desenvolvimento dos materiais e equipamentos para a indústria da construção demora anos, o que faz com que as tecnologias não sejam adoptadas de imediato por um número razoável de entidades devido aos riscos e incertezas inerentes à inovação associada a esses mesmos materiais e equipamentos.

A não necessidade de grandes investimentos em tecnologia na construção, quando comparados com os sectores de construção "pesada" e montagem industrial (ver também Tabela 1), é responsável pela baixa produtividade nela encontrada, onde as práticas produtivas e de gestão são desenvolvidas na base da "tentativa e erro". Esta situação é agravada pelo facto de grande parte da mão-de-obra ter

baixa escolaridade, sendo menos preparada e qualificada do que, por exemplo, a da indústria de transformação (NASCIMENTO, L. and SANTOS, E., 2003). Tudo isto dificulta a implementação de inovações nos níveis básicos. Porém, mesmo em hierarquias superiores, costumam adoptar-se métodos de gestão ultrapassados pela ausência de disciplinas voltadas para gestão que alimentem conceitos e ferramentas vindas da sociologia das organizações. Assim, apesar das mudanças sentidas nos últimos anos, o sector da construção ainda não conseguiu igualar a eficiência, produtividade e qualidade dos outros sectores da indústria. A figura seguinte demonstra o que tem acontecido nos Estados Unidos da América, à semelhança do resto do mundo mais desenvolvido.

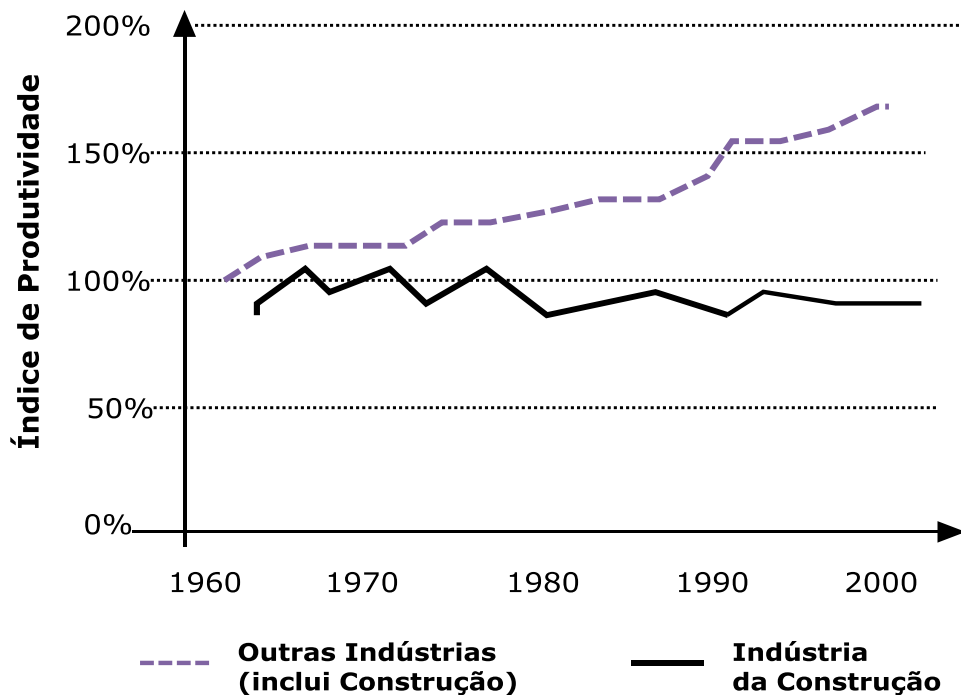


Fig. 4 – Produtividade da IC comparada com outras indústrias (EUA). Adaptado de (TEICHOLZ, 2000)

Posto isto, apresentam-se em seguida alguns exemplos de sintomas de erros cometidos nas diversas fases do processo construtivo que reflectem a ineficiência na gestão da informação na construção (POÇAS MARTINS, J.P., 2009):

- a. Dados introduzidos manual e repetidamente; Estudos estimam que a mesma informação é introduzida, em média, sete vezes em diferentes sistemas durante o processo construtivo antes da fase de utilização e manutenção;
- b. Dados apresentam erros/omissões/duplicações;
- c. Intervenientes trabalham com conjuntos de dados de versões diferentes;
- d. Alterações a documentos (especialmente de projecto) são demoradas, obrigam à actualização manual de desenhos e de cálculos efectuados;
- e. Comunicação demorada entre intervenientes.

Os sintomas apresentados anteriormente traduzem-se normalmente num ciclo conflitivo, no qual os resultados obtidos são negativos, traduzidos por incompatibilizações e rejeições. A figura seguinte demonstra como funciona esse ciclo e a forma como deveria funcionar: ciclo colaborativo.

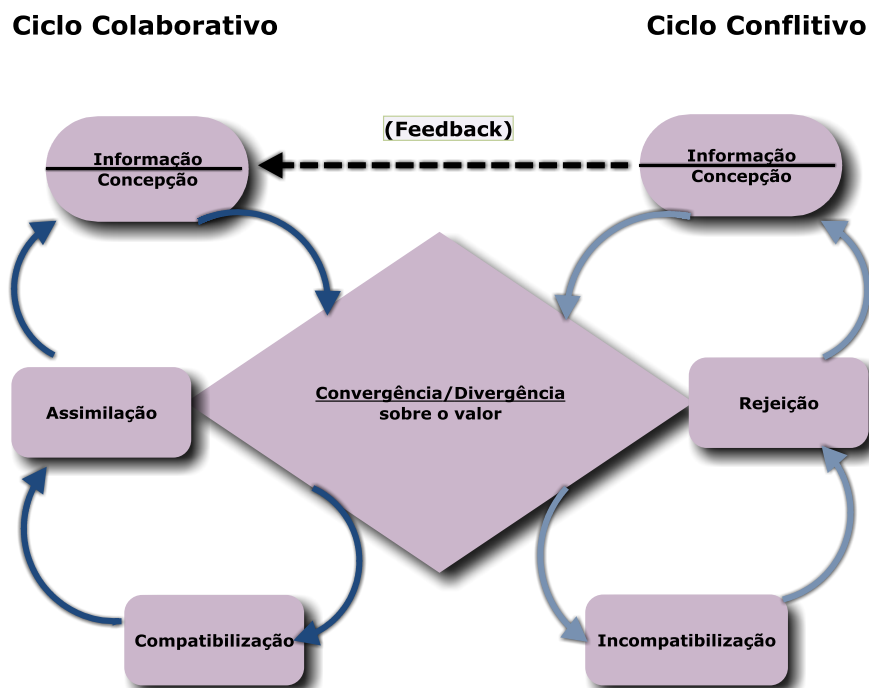


Fig. 5 – Diferenças entre ciclo colaborativo e conflitivo

Os problemas relacionados com a má gestão dos documentos, em particular os problemas relacionados com a troca de informação, podem ser amenizados com ferramentas informáticas simples. Aceita-se, pois, que o desenvolvimento de aplicações usando os recursos próprios da empresa seja uma solução, acessível mesmo à grande maioria das pequenas empresas do sector. No subcapítulo que se segue será abordado este aspecto em concreto.

2.1.5. TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO NA DINAMIZAÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO

A evolução vertiginosa das tecnologias de informação (TI) trouxe novas possibilidades de projecto e sobretudo novas possibilidades de comunicação e integração à distância. O avanço da telecomunicação associado à informática tornou cada vez mais frequente o desenvolvimento de redes colaborativas entre profissionais e pessoas geograficamente distantes. Esta possibilidade é fundamental num sector marcado pela fragmentação e num tipo de projecto no qual os agentes estão dispersos por diversas empresas e/ou locais distintos. No contexto actual de desenvolvimento das TI, muitos dos softwares utilizados no apoio ao desenvolvimento de um projecto não interagem entre si. Interoperar e garantir a colaboração entre agentes e entre os sistemas informáticos é um desafio que certamente será enfrentado pelos coordenadores de projecto a curto prazo. Isto envolve tanto o amadurecimento tecnológico, como o desenvolvimento de processos de gestão eficazes para apoiar o processo de troca de informações entre indivíduos e programas (FABRICIO, M. [et al.], 2004).

Neste sentido, para ultrapassar as dificuldades e obter sucesso na implementação de soluções baseadas nas TI, recomenda-se (NASCIMENTO, L. and SANTOS, E., 2003):

- a. Guardar e disponibilizar todas as informações de um empreendimento durante a sua vida útil, além de gerir o conhecimento acumulado na empresa;
- b. Dotar os trabalhadores de qualificações para o entendimento e utilização dos benefícios da tecnologia;

- c. Adquirir uma tecnologia através da análise dos seus benefícios e não apenas pelo seu custo;
- d. Evitar a redundância de informações;
- e. Padronizar actividades e processos;
- f. Motivar os trabalhadores a adoptar tecnologias, evitando a sua rejeição;
- g. Privilegiar tecnologias multiplataforma, de preferência interoperáveis, colaborativas e baseadas na internet;
- h. Privilegiar sistemas que integrem outros já existentes na empresa;
- i. Utilizar ferramentas que acelerem o fluxo de informações de todo o processo de produção;
- j. Adoptar um sistema de organização flexível que permita acompanhar e adaptar-se às constantes mudanças;
- k. Investir em capital intelectual;
- l. Utilizar os sistemas de informação para conhecer melhor os serviços, produtos, clientes e concorrentes;
- m. Utilizar sistemas que garantam a segurança e fiabilidade da informação.



Fig. 6 – Cenários relacionados ao uso de TI na construção (JACOSKI, C. and LAMBERTS, R., 2009)

É inegável que os efeitos positivos das TI na forma de pensar e organizar o processo de projecto são vastos e certamente intensificar-se-ão no futuro, dado que os projectistas ainda estão a adaptar-se a estes instrumentos e nem sempre tiram o rendimento máximo das novas possibilidades. Um dos grandes desafios da actualidade é a convergência e a integração entre as várias ferramentas utilizadas. Nos próximos anos, à medida que os dispositivos técnicos evoluírem e os projectistas utilizarem mais amplamente as possibilidades das TI, é de supor que o processo de projecto evolua e, com ele, a coordenação de projectos.

2.2. MODELOS DE INFORMAÇÃO

2.2.1. CONCEITO

Um modelo é, antes de mais nada, a representação de uma parte da realidade que, de acordo com a sua utilidade, modo de expressão, estrutura, igualdades e desigualdades em relação ao seu original, tenta expressar alguma coisa sobre a realidade. Nesse sentido, um modelo de informação é uma representação de um ser humano enquanto utilizador e/ou parte de um sistema de informação e das suas relações de aquisição, organização e manipulação de informação.

"Por vezes relacionam-se os modelos de informação com a padronização de especificações de produtos, processos, documentos, etc., mas estes não se resumem a isso. Um modelo vai além da padronização na medida em que ele não é uma meta mas um reflexo dos elementos que o originaram. Consequentemente, um bom modelo está sujeito a mudanças para se adaptar a uma nova realidade, e deve prever isso na sua própria génese. Um modelo deve ser aberto, ou seja, todos utilizadores os devem conhecê-lo muito bem e devem conseguir ajusta-lo às suas necessidades, além de que os seus criadores o devem adaptar continuamente às mudanças naturais das realidades que pretende modelar." (FERREIRA, S., 2009)

Os modelos de informação que são referidos neste trabalho são modelos paramétricos. Importa fazer esta distinção pois estes são diferentes dos modelos puramente conceptuais, que não englobam informação quantitativa acerca dos aspectos que pretendem descrever.

Tendo em conta que os modelos paramétricos contêm informações que não se limitam à sua geometria, tais como o tempo, o custo, etc., é usual designá-los de modelos n dimensões.

O campo dos modelos de informação caracteriza-se mais por não ter fronteiras claras nos seus domínios internos e externos, não possuindo um corpo coerente e consistente de trabalhos. Não obstante, esta é uma área essencial e a sua importância será ainda maior, considerando que as pessoas e as organizações têm exigências cada vez mais evoluídas em relação aos sistemas de informação (SAYÃO, L., 2001).

2.2.2. DAS ORIGENS DO CAD AOS PRIMEIROS MODELOS PARAMÉTRICOS

A ideia e a visão de que “um desenho vale por mil palavras” (VOISINET, 1986) sempre fizeram sentido e muito mais na engenharia. A razão é que a parte do cérebro que assimila informações ilustrativas por figuras e desenhos é muito rápida, e muito mais antiga em termos evolutivos do que a que interpreta informações verbais, ou outro tipo de informação escrita.

Desde os anos 50 que os computadores são usados na engenharia com o objectivo de elaborar o cálculo automático de funções matemáticas. Porém, devido ao custo extremamente elevado dos equipamentos, a sua aplicação reduziu-se à indústria aeronáutica, onde o custo do produto final justificava o investimento (VALENTIM, H. and CORREIA, R., 2002).

Após o aparecimento das plotters foi produzido o primeiro sistema de desenho assistido por computador (CAD), desenvolvido por Ivan Sutherland, em 1963, no âmbito da sua tese de doutoramento no MIT: "*Sketchpad: a man-machine graphical communication system*", o que lhe valeu o título de pai da computação gráfica moderna (EASTMAN, C., 1999).

Com o impulso dado por este trabalho e com o aparecimento dos monitores de CRT, surgiram diversos projectos de pesquisa e diferentes fabricantes de hardware para computação gráfica. Contudo, o preço desses equipamentos ainda era proibitivo, a não ser para aplicações especiais ou para entidades

com grande capacidade de investimento. Além disso, os equipamentos possuíam conjuntos de instruções diferentes uns dos outros, sendo este período caracterizado por alguma dispersão de formatos de representação.

Os avanços tecnológicos das décadas de 80 e 90 permitiram a consolidação e a expansão do mercado de aplicações CAD. Os formatos de representação actuais permitem a modelação paramétrica de sólidos, condição necessária para a elaboração de um modelo de informação que contenha informação geométrica acerca dos produtos de construção.

Os primeiros modelos de informação para a construção surgiram na década de 70. Inicialmente funcionavam como formatos de representação padrão de produtos da construção (alguns com âmbito muito específico) mas alguns destes modelos evoluíram até se tornarem sistemas CAD comerciais. No entanto, estes modelos não interagem, em geral, com as aplicações usualmente utilizadas no sector da construção e tinham dificuldade em coordenar os esforços dos diversos projectistas de especialidades, pelo que a sua aceitação pela comunidade técnica foi limitada e os formatos de representação nunca chegaram a ser adoptados como *padrão* (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

De seguida apresenta-se um pequeno resumo da história do CAD em datas:

1950 – Início de aplicações de computadores em auxílio das engenharias; Criação de gráficos monocromáticos a partir de um computador;

1951 – Aparecimento dos primeiros terminais gráficos e impressoras;

1953 - Aparecimento das primeiras impressoras;

1958 – Dispositivos de aquisição de dados;

1962 – Primeiro trabalho gráfico em três dimensões;

1970 – A IBM revoluciona o mercado CAD com a padronização da linguagem gráfica e técnicas computacionais para 3D;

1980 – Começam-se a desenvolver sistemas que interliguem os softwares directamente à produção;

1990 – Desenvolvimento de sistemas operacionais robustos para a aplicação em computadores, redução de custos em hardware e "super" utilizadores especializados.

2.2.3. DISTINÇÃO ENTRE MODELOS DE INFORMAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO COMPLETOS E PARCIAIS

A distinção entre modelos "completos" e modelos "parciais" é indispensável para a definição de uma solução para a representação de produtos de construção que possa ser aplicada a actividades concretas realizadas pelos intervenientes do processo construtivo. Através da definição do nível adequado de pormenorização do modelo, tendo em conta as práticas de cada um dos intervenientes, podemos optar por um conceito ou outro de modelo. De acordo com o que se apresenta no presente subcapítulo, os modelos de informação completos e parciais têm objectivos e campos de aplicação distintos, embora possam (e devam) ser compatíveis.

De seguida, apresenta-se uma tabela onde se resumem as principais diferenças entre os modelos referidos.

Tabela 2 – Diferenças entre um modelo completo e um modelo parcial (síntese)

	<i>Modelo Completo</i>	<i>Modelo Parcial</i>
Objectivo	Pretende vir a constituir um formato padrão	Visa dar resposta a um ou mais problemas específicos
Dimensão	Modelo detalhado e completo	Modelo constituído por um conjunto limitado de regras de representação, pelo menos na fase inicial
Interoperabilidade	Âmbito alargado do modelo permite que seja usado para a partilha de informação entre sistemas com diferentes finalidades	Interoperabilidade pode ser garantida por uma federação de modelos, não por um modelo único
Abordagem ao desenvolvimento	Abordagem estruturalista do tipo <i>top-down</i>	Abordagem minimalista do tipo <i>bottom-up</i>
Intervenientes no processo de desenvolvimento	Equipa restrita centraliza desenvolvimento	Disseminação de equipas de desenvolvimento
Envolvimento da comunidade de utilizadores	Aplicações práticas do modelo só são possíveis depois de este ter atingido um grau de desenvolvimento significativo. Comunidade de utilizadores tem um impacto reduzido no desenvolvimento	Modelo avança por processo iterativo. Validação empírica do modelo por parte de comunidade de utilizadores condiciona desenvolvimento de sucessivas versões
Adopção	Demorada	Adopção ou extinção rápidas
Exemplos	ISO-STEP, IFC	TCP/IP, HTML, XML, SQL, C

O tipo de abordagem ao desenvolvimento permite concluir que, mesmo modelos que receberam uma aprovação geral por parte da comunidade académica, não acolhem a mesma reputação no contexto da comunidade técnica. Os modelos "completos" são aliciantes para a comunidade académica, não só pela grande atractividade associada ao conceito da possibilidade de representar, de forma completa, um produto de construção em todas as suas fases, mas também porque possibilita a abertura e o desenvolvimento do campo de investigação na área da gestão da informação. É relevante admitir que a comunidade técnica não reconhece, pelo menos actualmente, valor – no sentido económico da expressão – nas potencialidades oferecidas por estes modelos a ponto de fundamentar uma adesão

significativa às novas práticas que lhes estão associadas. Mesmo nos casos ainda escassos em que os técnicos usam modelos completos e lhes reconhecem valor, referem-se frequentemente apenas a aspectos limitados dos modelos, por exemplo a aspectos geométricos usados na detecção de incompatibilidades entre projectos de especialidades distintas, não evidenciando o seu verdadeiro valor por inteiro.

Na indústria da construção, seria previsível assistir-se a um rápido surgimento de modelos para as áreas em que o seu desenvolvimento e a sua implementação seriam mais vantajosas e mais fáceis, nomeadamente nas actividades com uma componente de pré-fabricação mais acentuada. Dado que o objectivo principal de cada participante no processo de desenvolvimento será a resolução dos seus problemas específicos (ou os problemas do sector onde se insere) o processo poderia nunca vir a convergir num modelo completo. Mesmo assim, é possível conseguir uma representação global de um produto de construção através de um conjunto de modelos parciais em alternativa a um único modelo completo (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

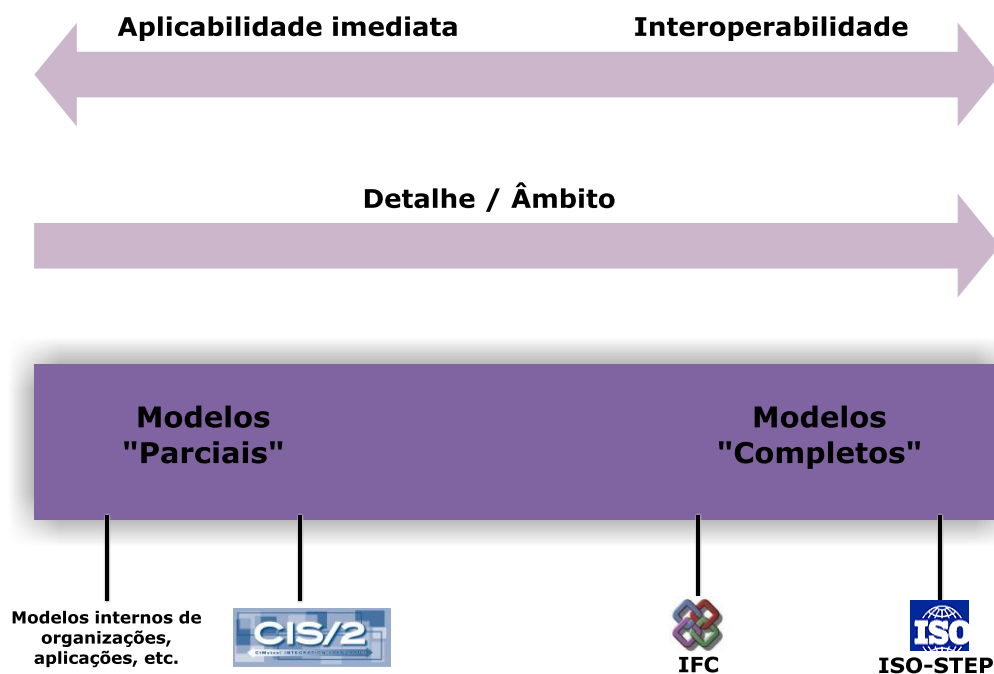


Fig. 7 – Modelos completos e parciais

2.3. BIM

2.3.1. CONCEITO

BIM (*Building Information Model* ou *Building Information Modeling*) é mais do que um modelo de visualização do espaço projectado, é um modelo digital composto por uma base de dados que, além de exibir a geometria dos elementos construtivos em três dimensões, armazena as suas propriedades e, portanto, transmite mais informação do que modelos CAD tradicionais. Além disso, como os elementos são paramétricos, é possível alterá-los e obter actualizações imediatas em todo o projecto (COELHO, S. and NOVAES, C., 2009).

Na realidade, um BIM é precisamente aquilo que a tradução directa indica: um modelo de informação para a construção. Em rigor, pode nem conter informação acerca da geometria dos produtos de construção ou, pelo contrário, a esse tipo de informação pode adicionar, por exemplo, dados de planeamento ou características físicas dos materiais, tais como a resistência ao fogo ou resistência estrutural. Um elemento pode ter um conjunto finito de parâmetros que ditam a sua forma. A codificação dos elementos requer um conhecimento prévio dos parâmetros que estão envolvidos na produção do elemento na realidade.

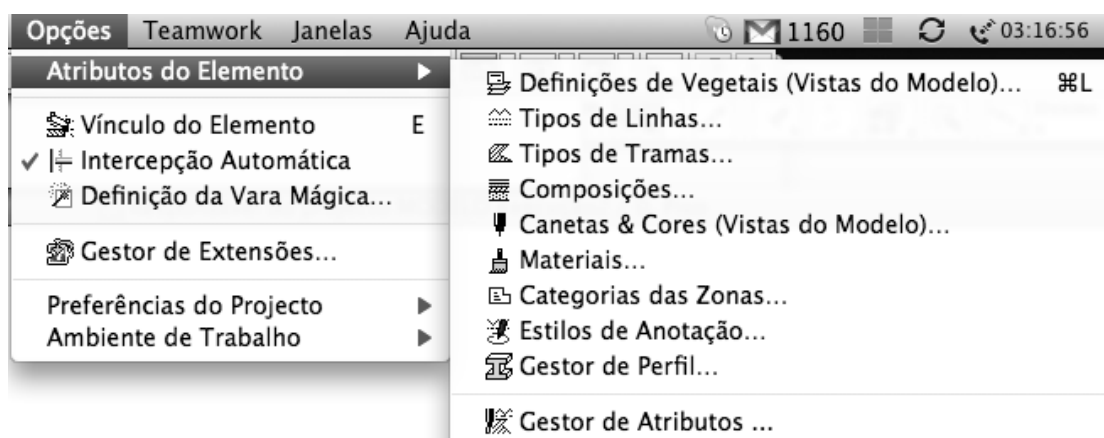


Fig. 8 – Exemplo do funcionamento da parametrização num programa BIM

Pode concluir-se que um BIM pode ser mais ou menos completo em função da quantidade de informação que o integra. A noção mais simples para um BIM, contudo, será a de um modelo tridimensional com informação adicional associada a cada componente de um produto da construção. Assim sendo, aquilo que anteriormente eram linhas que compunham um projecto de arquitectura/especialidades, que continham apenas a informação relativa à sua geometria, passou a ser uma base de dados (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

As mais recentes versões dos BIM incluem não só os elementos de construção mas também informação relativa às relações entre estes. A alteração do pé-direito do edifício, por exemplo, resultará na alteração de propriedades dos elementos com ele relacionados, como uma escada ou a altura das paredes que limitam o espaço afectado por essa alteração.

2.3.2. EVOLUÇÃO HISTÓRICA

Tobin apresenta as três gerações dos BIM, nomeando-as de BIM 1.0, 2.0 e 3.0.

Para o autor, o BIM 1.0 é caracterizado pela substituição do desenvolvimento de projectos em CAD bidimensionais por modelos 3D parametrizados. Nesta fase, o desenvolvimento do modelo é um processo individualizado, restrito aos projectistas, sem o envolvimento nem colaboração de profissionais de outras áreas.

O BIM 2.0 expande o modelo a outros profissionais, além dos envolvidos no desenvolvimento dos projectos de arquitectura, estruturas e instalações prediais. Nesta fase, modelos que associam informações, tais como o tempo (4D), dados financeiros (5D) e análise de eficiência energética, entre outros (nD), são associados ao sistema. Para tal, é necessária a cooperação entre os projectistas, consultores, empreendedores e construtores, com os devidos cuidados relacionados com a

interoperabilidade dos dados, tendo em conta a possibilidade de intercâmbio das informações entre os diversos participantes. A adopção efectiva do BIM 2.0 já é realidade em empreendimentos na América do Norte, Ásia e Europa.

Algumas aplicações BIM oferecem suporte à colaboração multiutilizador, permitindo o acesso simultâneo a um modelo do edifício partilhado por vários utilizadores. A solução exige a adopção de softwares BIM por todos os profissionais envolvidos no desenvolvimento dos projectos, os quais são elaborados localmente no sistema do utilizador e disponibilizados no modelo partilhado. Um bom exemplo é o sistema Revit, desenvolvido pela Autodesk, que possui recursos de coordenação da informação entre colaboradores num ambiente de rede extranet, o que exige um planeamento das regras de acesso a dados e a procura de padronização para evitar conflitos de comunicação. Porém, as comunicações interactivas textuais entre colaboradores não são suportadas pelo Revit. Para este fim, pode-se usar o Buzzsaw da mesma empresa, que é um software de ambiente de colaboração virtual (CRESPO, C. and RUSCHEL, R., 2007).

Empresas que fornecem sistemas colaborativos para gestão de projectos na construção civil estão a associar recursos que permitem a distribuição de modelos BIM através da WEB. Serviços, tais como o Asite, Buzzsaw e Newforma, entre outros, oferecem recurso para o armazenamento de projectos desenvolvidos por sistemas BIM (COELHO, S. and NOVAES, C., 2009).

A era pós-interoperabilidade (BIM 3.0) é considerada por Tobin a terceira geração da adopção do BIM. No BIM 3.0, o intercâmbio das informações entre os profissionais envolvidos no desenvolvimento de um projecto é realizado através de protocolos abertos, tais como o IFC (*Industry Foundation Classes*) e os protocolos elaborados pela IAI (*International Alliance for Interoperability*), que permitem aos profissionais o desenvolvimento colaborativo de um modelo de dados que pode ser considerado um protótipo completo da construção do edifício.

Tobin especula que o modelo do BIM 3.0 estará disponível através de uma base de dados acessível através da internet, onde os modelos BIM serão construídos colaborativamente num ambiente 3D.

2.3.3. FERRAMENTAS BIM

2.3.3.1. Ferramentas Comerciais

Na fase de projecto, as três principais ferramentas são o Revit da Autodesk, o ArchiCAD da Graphisoft e o Bentley Architecture, da Bentley. Depois, especificamente para orçamentação, existem o Affinity da Trelligence e o DProfiler da Beck, que diferem dos anteriores por serem mais virados para as fases de planeamento e projecto preliminar, nas quais outros aplicativos têm mais dificuldade em produzir estimativas. Existe ainda o Visual Estimating da Innovaya e o BuildingExplorer, da empresa de mesmo nome, que são focados para dar apoio visual ao orçamentista, facilitando a visualização do modelo para dele extrair um organograma financeiro.

Todos estes produtos são estrangeiros e, obviamente, ainda não trabalham directamente com bases de dados de custo ou composição usadas em Portugal, mas podem ser adaptados.

É importante referir que, embora as aplicações utilizem modelos próprios, algumas delas são em grande parte compatíveis com o modelo IFC (ver 2.4), o que reforça o seu papel de potencial repositório de informação para aplicações externas.

Um estudo elaborado em 2007 pela AECbytes - revista que faz a revisão de softwares com aplicabilidade na indústria da construção - com a intervenção de um grupo internacional de 5500

assinantes na internet, revela a percentagem de utilização dos diferentes softwares BIM comerciais. Os resultados estão resumidos na figura seguinte (Fig. 9):

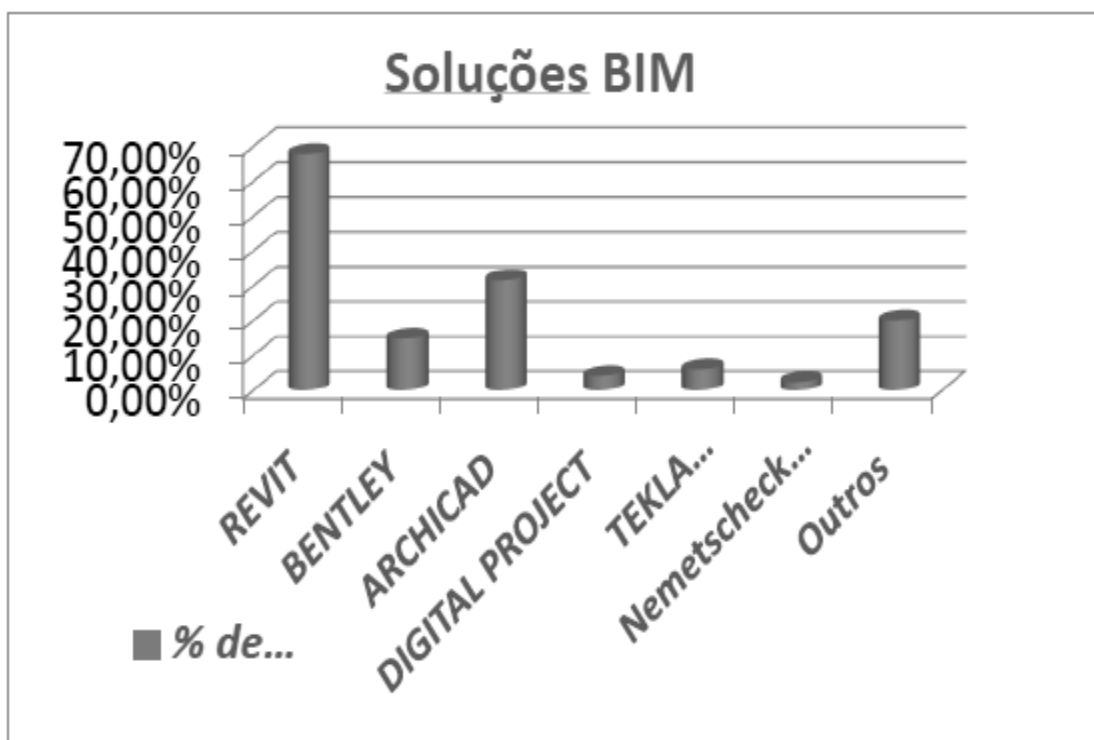


Fig. 9 – Resultados da sondagem elaborada pela AECbytes

Em anexo apresenta-se uma lista mais detalhada de softwares BIM comerciais (Anexo2).

2.3.3.2. Ferramentas Livres

Existe um software gratuito chamado BIMServer que faz o controlo da partilha de informações, sendo uma iniciativa muito valiosa para empresas que procuram ferramentas de desenho com software livre. No entanto, é importante salientar que este programa se refere apenas à ferramenta de centralização e controlo de informações, não possuindo qualquer interface para a modelação de objectos em 3D.

Os programas utilizados para modelação 3D, uma das características das aplicações BIM, são geralmente "grandes" (ocupando muito espaço no disco) e caros. Existe, porém, uma forte tendência para o aparecimento de ferramentas gratuitas. Algumas ocupam menos de 50 MB, como é o caso do Blender 3D, outras chegam a dispensar instalação no computador, como o Visual PV3D, de Gary Stasiuk. Ao que tudo indica, ferramentas como o VisualPV3D em breve poderão substituir, em muitas actividades, o papel de programas pesados utilizados actualmente para a modelação de edifícios, com a vantagem de serem gratuitas (desenhe.com, 2009).

Considera-se que é de todo vantajoso que o desenvolvimento destas ferramentas para a construção seja feito tendo em conta as especificações de acesso livre (como as do modelo IFC), pois a dependência de modelos associados a aplicações comerciais revela um grande conjunto de inconvenientes, de que se destacam:

- A estrutura de um modelo associado a uma aplicação comercial pode ser reformulada sem aviso;

- Para cada aplicação comercial será necessário desenvolver uma ligação específica;
- A documentação da estrutura interna de um modelo associado a uma aplicação comercial pode não estar publicamente disponível.

2.3.4. VANTAGENS E OPORTUNIDADES

Dadas as potencialidades da tecnologia BIM, se houver a pretensão de melhorar a gestão da informação, devem ser desenvolvidos esforços para que estas melhorias sejam integradas num modelo de informação. O caminho oposto conduziria a uma extinção dessas tentativas de melhoria, dado que o aparecimento de tecnologias mais evoluídas comprometeria o seu desenvolvimento ou mesmo a sua existência.

Das principais vantagens para a indústria da construção, reconhecidas pela generalidade dos utilizadores desta tecnologia, apresentam-se as seguintes (POÇAS MARTINS, J.P., 2009):

- a. Pesquisa e obtenção eficientes de documentos específicos;
- b. Propagação de alterações rápida e directa;
- c. Automatização de fluxos de trabalho;
- d. Compilação da informação relevante;
- e. Integração de processos de produção e de gestão documental que resultam numa economia de esforços ao nível administrativo;
- f. Simplificação da recolha de informação produzida em projectos anteriores ou proveniente de fontes de informação externas;
- g. Criação de condições favoráveis para a realização simultânea do trabalho de diversos projectistas, resultando em prazos mais curtos para o desenvolvimento de projectos;
- h. Eliminação da introdução repetitiva de dados, evitando-se os erros associados;
- i. Redução de esforços redundantes relacionados com a repetição de tarefas de projecto e com as verificações das especificações elaboradas;
- j. Aumento de produtividade devido a uma partilha de informação mais rápida e isenta de ruído;
- k. Simplificação da introdução de modificações em projectos;
- l. Melhoria da cooperação interdisciplinar.

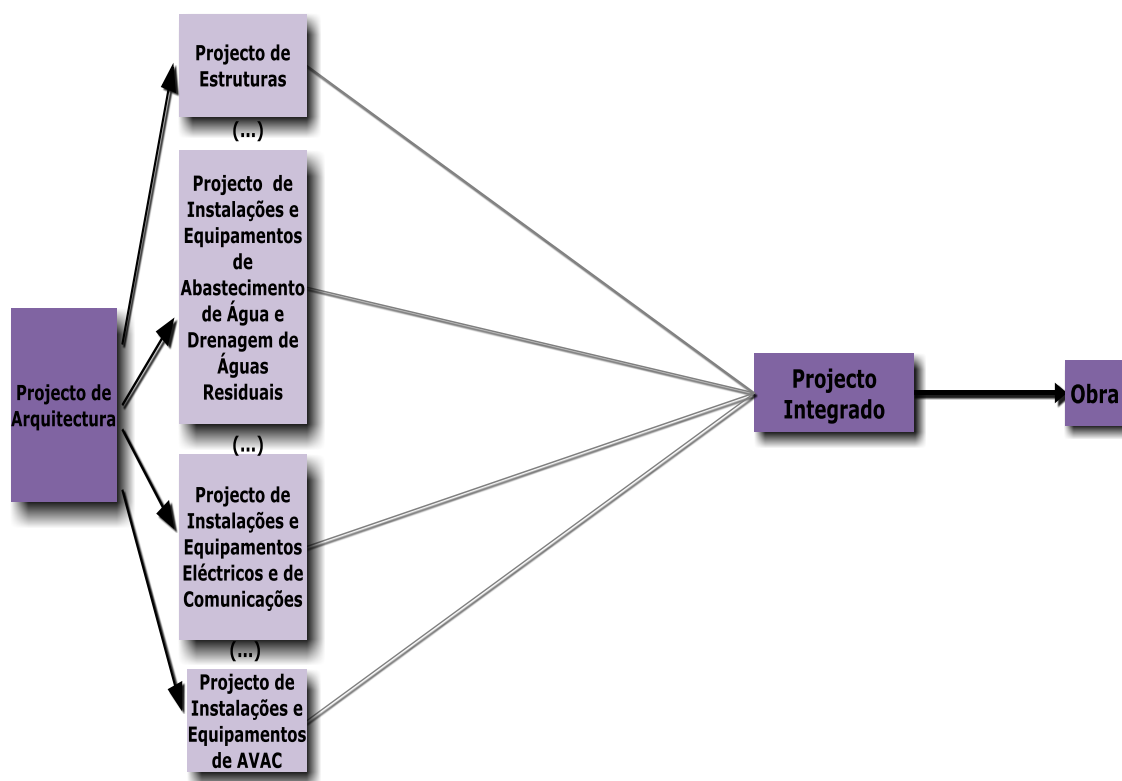


Fig. 10 – BIM: Criação de condições favoráveis à realização simultânea do trabalho de diversos projectistas

2.3.5. DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO

Segundo Tse e Wong (WONG, K.-w. and TSE, T.-c., 2004), os principais desafios, no que diz respeito à implementação dos BIM, são:

- a. **Mudança nas práticas da arquitectura, com a utilização adequada ao potencial da ferramenta:** não podemos deixar de destacar que, para as mudanças acontecerem na plenitude, é necessária uma maturidade organizacional e metodologias de trabalho, que requerem tempo e esforço para serem atingidas;
- b. **Dificuldades em adequar os objectos ao projecto:** cada objecto tem as suas propriedades paramétricas fixas, em que o utilizador pode apenas modificar os seus valores; Será necessário desenvolver esforços adicionais para que os objectos se possam adequar totalmente ao projecto;
- c. **Poucas possibilidades de padronizar os objectos:** como já referido em 2.1.4., cada projecto é único e contém muitas especificidades, tais como os objectos que o integram que estão em desenvolvimento contínuo, o que faz com que não exista um padrão de objectos disponível de forma imediata sem a intervenção de um modelador;
- d. **Complexidade da ferramenta requer muito tempo para a modelação:** como já referido, todos os elementos de construção presentes num programa BIM são abertos, ou seja, podem ser modificados para se adequarem ao projecto em questão; Este factor faz com que seja necessário dispendir algum tempo para que seja feito este ou outros ajustes;
- e. **Falta de formação e apoio técnico:** para a implementação de um sistema BIM numa empresa é necessária a formação dos profissionais da construção sobre este assunto; Isto nem

sempre acontece, seja por motivos de ordem financeira, perda de tempo, etc., o que dificulta todo o processo;

f. **Custos extra para adquirir módulos complementares:** os custos associados a este tipo de ferramentas são ainda elevados; As empresas, sobretudo as pequenas e médias empresas, ainda vêem este factor como um grande entrave à implementação do sistema BIM;

g. **Indisponibilidade para a avaliação do software de forma gratuita:** o facto de existirem poucas empresas de software que disponibilizem os seus produtos para teste ou que os demonstrem de forma gratuita faz com que haja uma falta de confiança na sua adopção, pois esse teste era de todo necessário para atingir esse objectivo.

2.3.6. INTEGRAÇÃO E DINAMIZAÇÃO CORRECTA

Existem pelo menos três caminhos possíveis para a melhor integração na implementação dos BIM (WONG, K.-w. and TSE, T.-c., 2004):

a. **Implantar módulos adicionais dos projectos complementares ao projecto arquitectónico na mesma plataforma:** a partilha de informação não deverá ser feita sobre a forma de "pacotes fechados", sintetizados em documentos formais, passando a surgir, sempre que possível, sob a forma de um acesso directo de cada interveniente a um modelo centralizado; Como consequência, poderá ser eliminada a necessidade de uma tarefa de projecto ter que estar concluída para se iniciar a seguinte; Disto resultam melhorias associadas à redução do prazo total do projecto e à criação do verdadeiro trabalho de equipa, em que todos os elementos passam a ter influência imediata nos trabalhos produzidos pelos outros;

b. **Exportação do módulo arquitectónico como arquivo de dados num padrão aberto, o qual pode ser importado pelos colaboradores do projecto e utilizado nas suas aplicações específicas:** o desenvolvimento do modelo IFC pode contribuir consideravelmente para o efeito, eliminando grande parte dos problemas associados à não interoperabilidade;

c. **Desenvolver aplicações específicas através de API (Application Programming Interface) que dependem da permissão dada pelo representante BIM e da acessibilidade das propriedades dos objectos:** o uso da linguagem XML (*Extensible Markup Language*), formato para a criação de documentos com dados organizados de forma hierárquica, associada ao modelo IFC, pode dar oportunidade para a integração da base de dados interna da empresa no sistema BIM; Pela sua portabilidade, já que é um formato que não depende das plataformas de hardware ou de software, uma base de dados "escreve" um arquivo ifcXML, podendo uma outra base distinta ler esses mesmos dados.

Estes esforços no sentido de dinamizar o processo de integração dos BIM podem ser apoiados pelos seguintes aspectos:

- Uma quantidade significativa de promotores beneficiar as propostas baseadas num BIM;
- Redução dos preços das aplicações BIM comerciais;
- Formação relacionada com estes sistemas desde o nível académico;
- Promover a entrada no mundo de trabalho a pessoas com formação sobre esta tecnologia;
- Aparecimento de mais entidades formadoras e demonstradoras deste tipo de sistemas;

2.4. MODELO IFC

2.4.1. CONCEITO

Para a troca de dados entre aplicações são utilizados arquivos baseados em diferentes formatos de partilha. A necessidade de troca de dados entre aplicações não é algo recente na construção civil. Desde as primeiras aplicações CAD 2D já existiam formatos capacitados para troca de alguns tipos de dados.

O modelo IFC (*Industry Foundation Classes*) é um formato aberto, neutro e com especificações padronizadas para os BIM. O IFC é um formato criado para ser usado no planeamento, no projecto, na construção e gestão do edifício, sendo o seu principal objectivo permitir que a informação seja eficazmente partilhada entre os sistemas de informação, a interoperabilidade. Para que isto seja possível o modelo IFC tem que capturar as informações mais importantes de forma consistente, já que é impossível capturar todas.

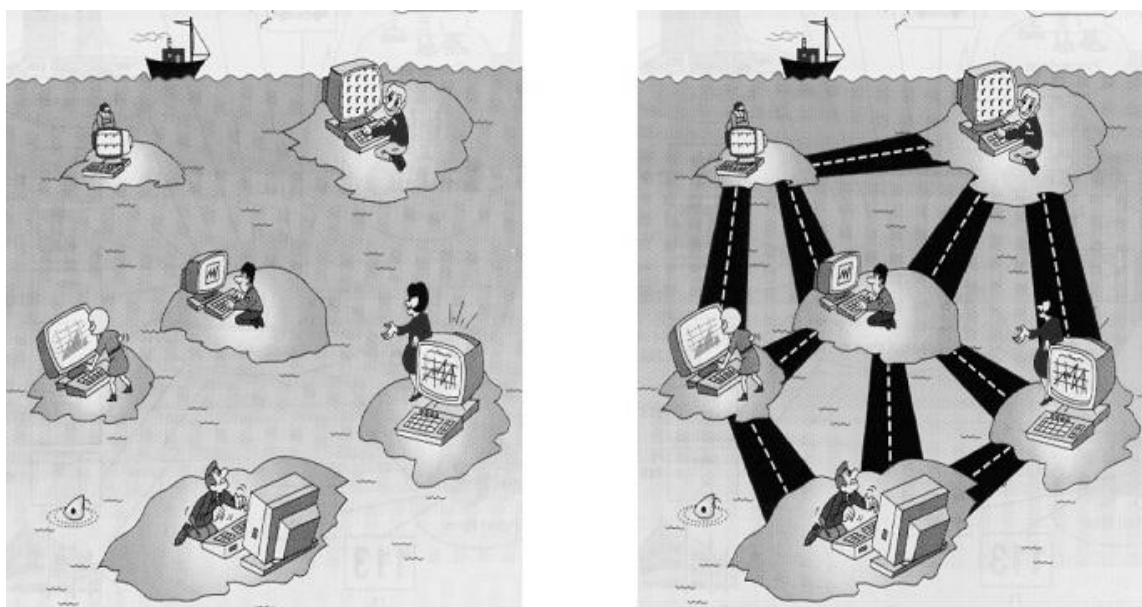


Fig. 11 – A interoperabilidade

Segundo alguns autores, o IFC é o maior e mais elaborado modelo de informação do edifício desenvolvido para a indústria da construção. Este é resultado do consenso possível, até ao momento, entre muitos profissionais da indústria da construção sobre processos de projecto. Este modelo consiste em entidades que descrevem elementos físicos do edifício, conceitos abstractos, processos, intervenientes, etc. Como exemplo de tipos de entidades pode-se citar: a geometria, a topologia, os elementos do edifício, os equipamentos, os mobiliários, as relações entre elementos da construção, os espaços e as estruturas espaciais, os intervenientes, os planos de trabalho, as classificações, a pesquisa e recuperação de informações sobre produtos.

2.4.2. ARQUITECTURA DO MODELO

A arquitectura do modelo IFC foi definida tendo em conta um conjunto de cuidados e objectivos que garantam ao modelo uma vantagem real perante outras possibilidades. Resumidamente um autor cita os seguintes cuidados e objectivos (FERREIRA, S., 2005):

- Proporcionar uma estrutura modular ao modelo;

- Proporcionar uma infra-estrutura para a troca de informações entre diferentes temas da indústria da construção;
- Facilitar a manutenção e o desenvolvimento contínuo do modelo;
- Permitir aos modeladores da informação a reutilização dos componentes do modelo;
- Permitir aos criadores de software a reutilização dos componentes deste;
- Facilitar a compatibilidade entre as versões.

A arquitectura do IFC é constituída por uma estrutura modular composta por quatro camadas conceptuais. Estas representam quatro níveis principais. Cada nível é constituído por uma série de categorias. É dentro de cada uma destas categorias que as propriedades de uma entidade são definidas (EASTMAN, C., 1999). As camadas são: camada de domínio, camada de interoperabilidade, camada central e camada de recursos (Fig. 12).

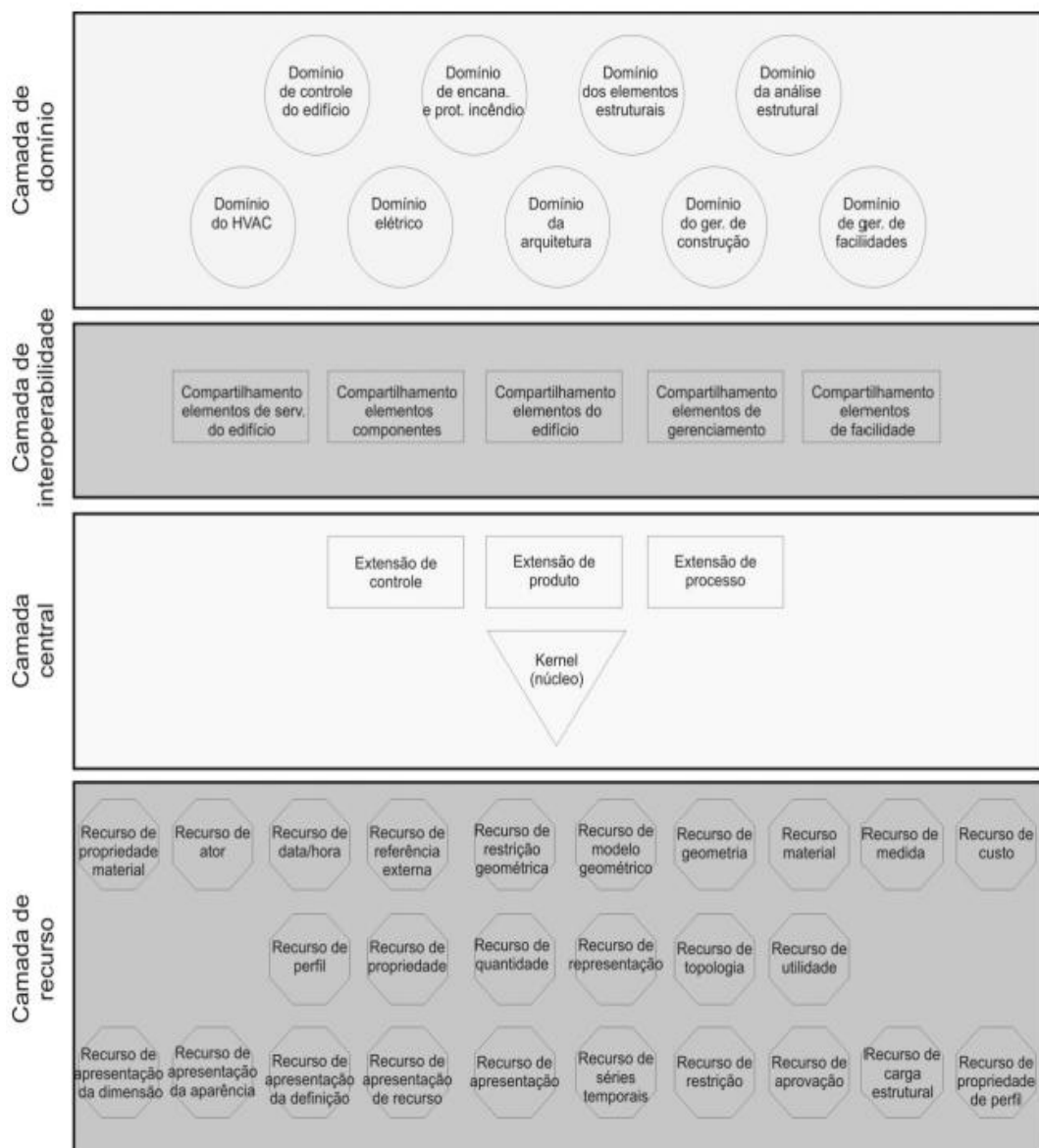


Fig. 12 – Arquitectura do modelo IFC. Adaptado a partir da (IAI, 2010)

A camada de domínio é a de nível mais elevado, proporcionando um conjunto de módulos adaptados a tipos específicos de aplicações ou domínios específicos da indústria da construção.

A camada de interoperabilidade ou de elementos compartilhados proporciona um conjunto de módulos que definem conceitos ou objectos comuns a vários tipos de aplicações ou domínios da indústria da construção.

A camada central contém o núcleo e algumas extensões.

A camada de recursos proporciona classes usadas nos níveis mais elevados.

2.4.3. CONTEXTO HISTÓRICO

Os primeiros esforços no desenvolvimento do IFC surgem entre as doze principais organizações americanas ligadas às áreas da arquitectura, engenharia e construção (AEC), por meio da *Industry Alliance for Interoperability*, em 1994. De seguida é alargado para a *International Alliance for Interoperability* (IAI) que é uma associação internacional de empresas comerciais e instituições de pesquisa. Esta contava, inicialmente, com sete países membros. Hoje em dia, segundo a IAI, conta com pelo menos vinte países e mais de 600 empresas e instituições.

O objectivo central da IAI é a interoperabilidade de softwares da indústria da AEC por intermédio de uma base universal que permita a melhoria da comunicação, da produtividade, do tempo de entrega, do custo e da qualidade, durante o ciclo de vida do edifício. Visando isso, o IFC foi desenvolvido especificamente como um meio de troca de dados, baseado num modelo, entre aplicativos da indústria da AEC. Actualmente é a solução presente em aplicações BIM e em muitas das aplicações de análise (ANDRADE, M. and RUSCHEL, R., 2009).

O IFC teve a sua base no padrão internacional conhecido como STEP (*Standard for Exchange of Product Model Data*). Ao contrário deste, o IFC não foi desenvolvido com o fim de constituir uma norma de representação, mas antes para ser aplicado directamente na indústria da construção. Em 1984, surge o ISO-STEP a partir de um esforço da ISO (*International Standard Organization*) em criar um padrão internacional de troca. O ISO-STEP e o modelo IFC foram baseados na mesma linguagem (EXPRESS). A integração do modelo IFC na norma ISO contribuiria para facilitar e acelerar a aplicação no quotidiano das práticas de gestão baseadas em modelos de informação (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

Entre as diferentes versões do modelo IFC podem citar-se as seguintes: IFC 1.5.1; IFC 2x (2000); IFC 2x-add1 (2001); IFC 2x2 – add1 (2004); IFC2x3 (2006); IFC2x3-TC1 (2007); IFC2x4 *alpha* (2008); IFC2x4 *beta1* e *beta 2* (2009). O modelo IFC2x3 (G) já agrega entidades que contêm sistemas de informações geográficas (*Geographic Information System – GIS*).

Existem produtos comerciais e livres que já obtiveram certificação por parte da IAI por possuírem capacidade de trabalhar com as diferentes versões do modelo IFC. Em anexo estão tabelados esses mesmos softwares.

2.4.4. COMPATIBILIDADE DOS FORMATOS

As actividades ligadas ao sector de construção civil têm como característica lidar com uma grande quantidade de dados e envolver também uma grande quantidade de profissionais ao longo do seu ciclo de vida. Desde o estudo inicial da viabilidade do projecto até aos procedimentos de manutenção do edifício, passando pelo projecto e pela execução do mesmo, intervêm uma diversa quantidade de

agentes (pessoas, empresas, instituições, etc.), cada um deles contribuindo com as suas opiniões, os seus produtos e serviços específicos, bem como com os seus conhecimentos e capacidades específicas. Essa complexidade de elementos intervenientes torna a gestão do empreendimento bastante complexa.

As informações provenientes de diversas fontes também se apresentam de uma forma diferente devido à sua natureza distinta. Por exemplo, as informações apresentam-se na forma de uma factura, um relatório de acompanhamento, um desenho ou um modelo tridimensional em CAD, um cronograma, um fluxograma, etc. Todas essas informações convergem com uma finalidade: a construção e posterior utilização do edifício. No meio do processo elas terão que ser partilhadas, combinadas, interpretadas, transformadas, de forma a ganharem inteligibilidade contextual e preencherem as necessidades de cada fase do ciclo de vida da edificação. Além disso, têm que ser bem aproveitadas e protegidas, de maneira a que não se percam ao longo do seu fluxo.

As dificuldades que surgem durante o processo são precisamente as anteriormente mencionadas. Em primeiro lugar é preciso compatibilizar todos os tipos de dados, ou seja, devido à sua diversificada origem, muitos deles precisam ser traduzidos ou convertidos para a linguagem utilizada na tarefa que está a ser executada naquele preciso momento. Posteriormente, ou mesmo em paralelo, a linguagem pode ser diferente e há necessidade de novas conversões. Esse processo, além de ser dispendioso, pode induzir a erros e perdas, até pela simples dificuldade de tradução. O resultado é que diferentes tarefas voltadas para o mesmo produto passam a trabalhar com dados discrepantes ou até mesmo contraditórios. Esse perigo já é bem conhecido, fazendo com que as revisões, correcções e reuniões para compatibilização acabem por se multiplicar, sendo um factor de atraso e consequente aumento do custo da obra, sem contar com o desgaste da equipa e outros problemas provenientes da deficiente comunicação.

É necessário dispor de um mecanismo ágil e preciso de intercâmbio de informações entre os indivíduos intervenientes no processo construtivo. Os requisitos fundamentais para isso, que usualmente se chama interoperabilidade, são: trabalhar com formatos padronizados e partilháveis, dispondo de um mecanismo de comunicação eficiente e adequado dessas informações sobre o empreendimento (FERREIRA, S., 2005).

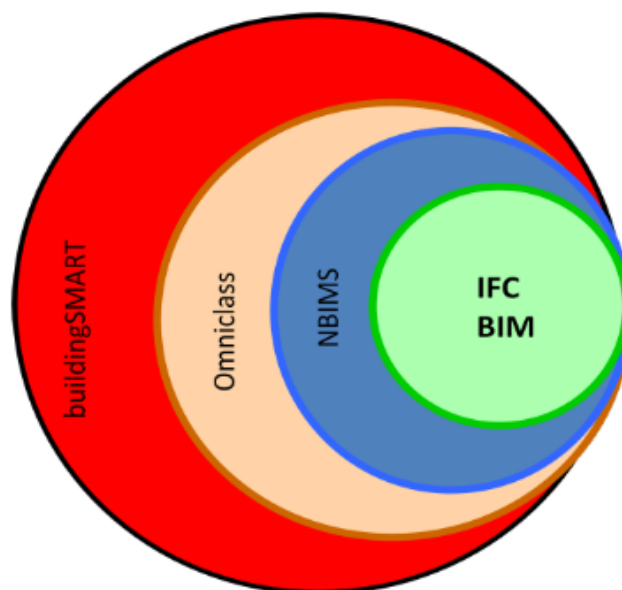


Fig. 13 - Padrões de interoperabilidade abertos

3

OS BIM E O PROCESSO CONSTRUTIVO

3.1. INTRODUÇÃO

Na construção civil, as fases necessárias para projectar e construir um empreendimento envolvem profissionais de áreas distintas com um objectivo comum. Num ambiente de gestão com qualidade, todas as fases do processo construtivo devem estar voltadas para o atendimento das necessidades de informação de todos os intervenientes. No entanto, problemas relacionados com a cooperação são um grande entrave para atingir esse fim.

Uma questão chave na resolução de problemas de cooperação é a motivação dos participantes para seguirem estratégias que não se resumam à procura de vantagens individuais. Frequentemente essas restrições surgem sob a forma de regras formais (leis) e de incentivos, sendo desejável atingir-se um entendimento generalizado para que a estratégia de cooperação seja seguida por todos os participantes, mesmo na ausência de interferências externas, isto é, que os participantes passem a confiar que todos os outros seguirão também estratégias de cooperação.

"A adopção de um formato de representação padrão para a construção (BIM) é encarado como um problema de cooperação. Com efeito, o impacto deste tipo de modelos nos procedimentos seguidos nas várias fases do processo construtivo é limitado tendo em conta o potencial efeito positivo que seria esperado em resultado de uma adopção maciça de um modelo comum. Na verdade, a adopção de um novo formato padrão representa, para os intervenientes no processo construtivo, um risco considerável. Por um lado, a alteração de ferramentas e de procedimentos representa um custo significativo. Por outro, dada a ausência de um formato com aceitação universal, existe ainda alguma incerteza quanto ao eventual formato padrão futuro" (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

Assim sendo, neste capítulo pretende-se evidenciar as responsabilidades dos diversos intervenientes no processo construtivo na implementação e dinamização de um sistema BIM. Para isso, num primeiro momento, são evidenciadas as informações produzidas nas diferentes fases do processo construtivo que são necessárias assimilar a um sistema deste género. Posteriormente são expostas outras responsabilidades de entidades exteriores ao processo construtivo (conforme apresentado na fig.15).

3.2. SECTOR DA CONSTRUÇÃO

3.2.1. EVOLUÇÕES NO SECTOR

O sector da construção, como a generalidade dos sectores industriais, tem sofrido bastantes alterações ao longo dos tempos. A seguinte tabela resume essas mesmas alterações (Tabela 3):

Tabela 3 - Síntese comparada da situação da construção no passado e na actualidade (SOUSA, H.d., 2003)

PASSADO	PRESENTE
Actividade predominantemente artesanal	Industrialização crescente
Mão de obra experiente sujeita a um longo processo de aprendizagem e disponível em grande número	Predomínio de mão de obra indiferenciada executando tarefas bem definidas, com disponibilidades reduzidas e em número insuficiente. Recurso a imigrantes. Baixa consideração associada aos trabalhos de construção civil
Reduzido número de exigências de desempenho	Grande número de exigências diferentes de desempenho, frequentemente não totalmente compatibilizadas
Menor preocupação com os custos: "gema o dono mas não gema a obra"	Grande preocupação com os custos: "concepção aos limites"
Predomínio de soluções tradicionais	Inovação, em alguns casos mal assimilada e mal adaptada às condições nacionais
Reduzido número de materiais de construção a incorporar nas construções	Elevadíssimo número de materiais e sistemas com compatibilização nem sempre assegurada
Preocupação dos vários intervenientes no processo construtivo em assegurar a perenidade das construções e soluções	Soluções e atitudes dos intervenientes privilegiando realizações "voláteis"

Perante a descrição realizada é possível afirmar que a evolução futura do sector da construção continuará a ser caracterizada por três factores principais: o mercado, a conjuntura económica e a organização interna das empresas.

3.2.2. ESPECIFICIDADES DE CARÁCTER GERAL

A indústria da construção sempre se distinguiu das demais, quer em termos produtivos, quer em termos de mercado de trabalho. Trata-se de um sector que apresenta uma cadeia de valor muito extensa, porque recorre a uma ampla rede de *inputs*, proporciona o aparecimento de externalidades positivas às restantes actividades e gera efeitos multiplicadores significativos a montante e a jusante. A

construção é uma actividade económica com especificidades próprias, caracterizada por uma grande diversidade: **de clientes**, com uma procura que vai do Estado ou das Autarquias ao particular que pretende auto-construir, das grandes empresas multinacionais aos pequenos promotores tradicionais; **de projectos**, onde cada obra apresenta, geralmente, características diferentes, o que dificulta o desenvolvimento de produtos e processos de fabrico estandardizados; **de produtos**, que cobrem tanto a habitação tradicional como obras mais complexas, por exemplo, estradas, edifícios inteligentes ou barragens; **de operações produtivas**, onde o produto final resulta da interacção entre várias especialidades com graus diferenciados de exigência e tecnologia; **de tecnologias**, em resultado da intervenção numa empreitada de diversas especialidades e da coexistência de tecnologias de produção novas com as antigas; **de unidades produtivas**, em que empresas com grandes meios e capacidades e tecnologicamente evoluídas laboram a par de empresas com um aproveitamento limitado das tecnologias disponíveis e com utilização abundante do factor mão-de-obra (BAGANHA, M.I. [et al.], 2001).

De seguida serão apresentadas, incluindo algumas já mencionadas, as especificidades que se entendem como de carácter mais relevante (SOUSA, H.d., 2003):

- O aspecto produtivo não é entendido neste sector como em outras indústrias, pois geralmente cada operação é única, não se repete, num contexto e local diferente, com intervenientes em geral desconhecidos inicialmente;
- As metodologias muito industrializadas são bastante difíceis de aplicar à construção, sobretudo a processos em geral muito repetitivos;
- A variedade de processos, produtos e intervenientes (entre outros) existentes na construção, associados ao facto de existir muita reacção à mudança, são um grande entrave para a introdução de novas tecnologias;
- A mão-de-obra com poucas habilitações, quando comparada com outras indústrias, serve como atractivo para pessoas com baixa formação;
- Na construção quem elabora o projecto normalmente não o executa, o que faz com que este não seja totalmente adequado aos meios de produção do executante, criando-se assim atritos entre as duas partes;
- No sector da construção cada interveniente procura aumentar a sua influência, protegendo a sua actividade em detrimento da dos seus parceiros, o que gera conflitos entre os mesmos;
- O excesso de informação gerada no processo construtivo associado ao grande número de intervenientes não é benéfico para a comunicação se dar de uma maneira eficaz entre os intervenientes;
- A qualidade dos produtos da construção é dependente de múltiplos aspectos, como a sazonalidade ou movimentação de cargas, de difícil parametrização.

3.2.3. SITUAÇÃO NACIONAL

A indústria da construção em Portugal é caracterizada pelo elevado número de empresas de pequena dimensão (como já referido em 2.1.3, 92% das empresas de construção nacionais têm 10 ou menos trabalhadores (INE, 2008)) e por assentar as suas funções produtivas em sub-empregados de muitíssimo pequena dimensão, com uma organização muito deficiente e com características do tipo familiar.

O tipo de empresas pode ser dividido nos seguintes grandes grupos (AMORIM FARIA, J., 2008):

- Grandes empresas nacionais;
- Pequenas e médias empresas nacionais;
- Sub-empregados;
- Fornecedores de materiais de construção e componentes.

As grandes empresas são muito especializadas e recorrem frequentemente à sub-empregada, tentando cada vez mais alargar o seu mercado no estrangeiro. Contudo, as grandes empresas nacionais são muito pequenas quando comparadas com as grandes empresas internacionais.

As pequenas e médias empresas nacionais podem dividir-se em dois grandes grupos:

- Empresas essencialmente dedicadas à imobiliária (construção de edifícios para venda);
- Empresas de infra-estruturas que trabalham num universo regional.

Os sub-empregados são a base da estrutura produtiva nacional. O nível de especialização destes é deveras vasto, resultante da estratégia das médias e grandes empresas de redução ao mínimo possível das responsabilidades próprias com salários de pessoal e outros custos associados.

Os fornecedores de materiais de construção e componentes ganham também cada vez mais destaque no sector da construção nacional. Isto deve-se sobretudo à crescente adopção de materiais pré-fabricados por parte das empresas de construção, apresentando-se estes como uma solução cada vez mais promissora em termos de produtividade.

3.3. PROCESSO CONSTRUTIVO

3.3.1. FLUXO DE INFORMAÇÃO

O fluxo de informações é um elemento característico de integração da cadeia produtiva, sendo fundamental para a interpretação dos processos produtivos do sector, principalmente pelas singularidades que este apresenta (dispersão, quantidade de componentes, envolvimento de diversas entidades, etc.). Na tentativa de se perceber as relações que existem entre os intervenientes, é necessário estabelecer uma abrangência deste fluxo. Se tivermos em conta projectos de médio e grande porte, pode-se dizer que estes se iniciam no cliente com a percepção das suas necessidades, sendo distribuído no processo pelos diversos sectores como: projectos, planeamento, vendas, marketing, finanças, recursos humanos, materiais e produção, e fazendo ainda o interface com os fornecedores.

A construção civil depende de inúmeras informações ao longo do processo construtivo. Podem ser consideradas diversas formas de informação como: peças desenhadas, planeamento de custos, relatórios financeiros, representações gráficas, maquetas, contratos, simulações, etc. Actualmente, com o aparecimento das tecnologias de informação, o sector começa a dar uma importância ainda maior à informação, ao seu processamento e à transferência desta entre os intervenientes no processo.

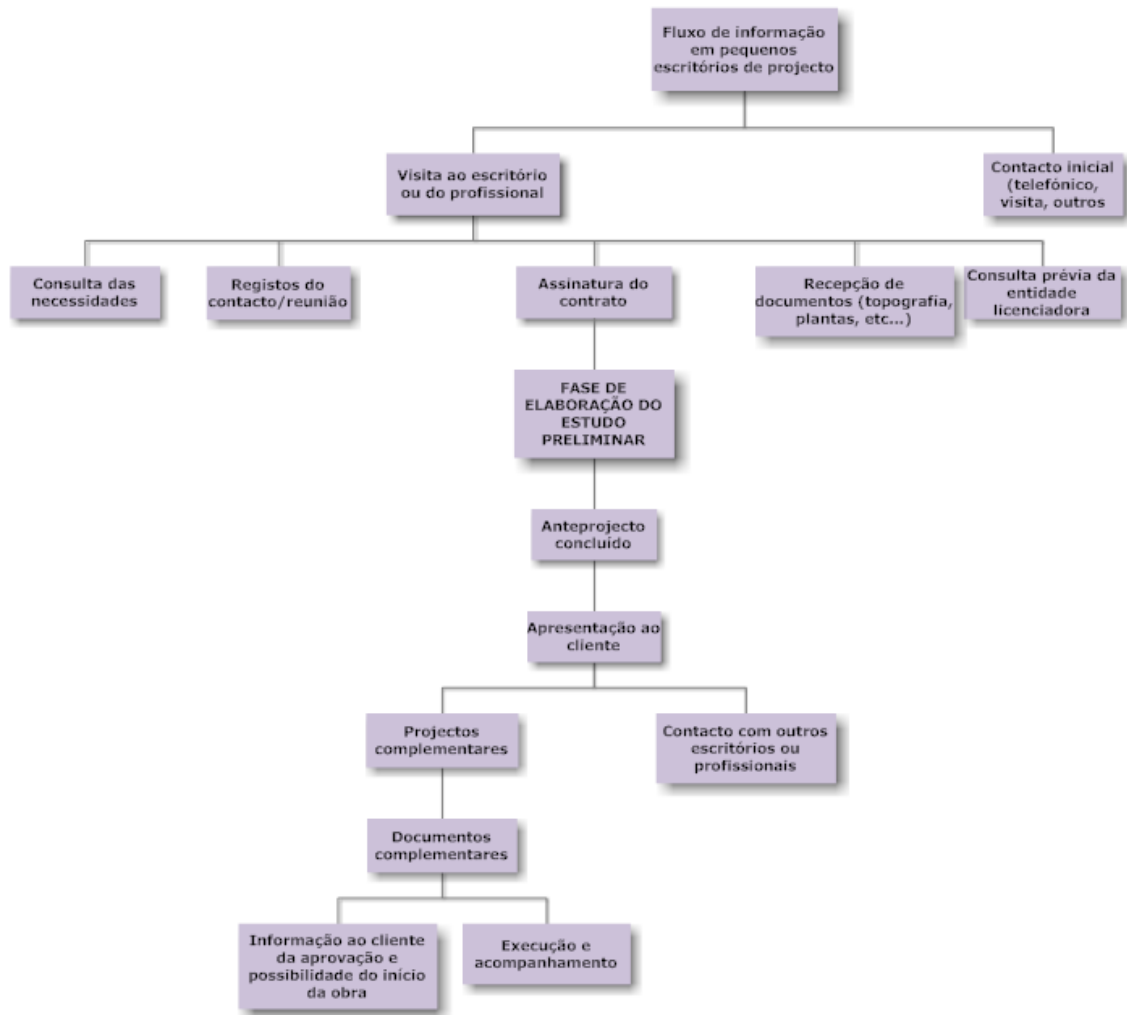


Fig. 14 - Exemplo do fluxo de informação numa pequena empresa

Problemas no decurso do projecto existem em maior ou menor grau, independentemente da dimensão deste. Um dos motivos pelo qual se encontram falhas no processo é a precariedade do fluxo de informações entre os participantes do processo e a falta de meios adequados e formais para a documentação e registo (JACOSKI, C.A., 2007).

No desenvolvimento de um projecto de engenharia há intervenção de vários profissionais, sendo inevitável que as soluções de um projectista interfiram nos projectos dos demais. Para evitar conflitos entre as partes, é importante estabelecer prioridades entre as especialidades. Esta ordem procura sobretudo evitar atrasos e tempos de espera. A formalização deste procedimento “sequencial” nem sempre é uma solução fácil, sobretudo devido à falta de um mecanismo formal para este procedimento (muito por culpa da pressão relacionada com o cumprimento dos prazos, quase sempre presente).

A questão da formalização prende-se principalmente com a necessidade de integrar os processos realizados por diferentes intervenientes no processo construtivo. Na construção civil, a presença de inúmeros agentes com níveis diferentes de formação, gera informações provenientes das suas actividades que fluem continuamente dentro da empresa. São informações de origens diversificadas e, embora alguma desta informação acabe por ser formalizada, uma parte significativa desta não o chega a ser, residindo apenas na mente de alguns dos intervenientes, sendo eventualmente transmitida de forma oral a outros intervenientes do processo construtivo (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

Há, actualmente, inúmeros esforços no sentido de modificar os processos que ocorrem de forma particionada, para uma actuação mais integrada entre os agentes do processo. A integração visa a troca de informações entre os diferentes agentes usando um modelo comum, desenvolvido dentro de uma estrutura segura e confiável.

3.3.2. INFORMAÇÃO PRODUZIDA NAS DIFERENTES FASES DO PROCESSO CONSTRUTIVO

3.3.2.1. Aspectos Gerais

Processo construtivo é a designação dada ao conjunto de actividades ou sequência de práticas necessárias ao planeamento e à construção de uma obra e à sua utilização. Este engloba toda a vida útil da obra incluindo a sua manutenção e demolição (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

Para sustentar a explicação que se segue, adoptou-se um esquema alternativo de forma a dar relevo às fases consideradas mais decisivas da obra e aos respectivos protagonistas.

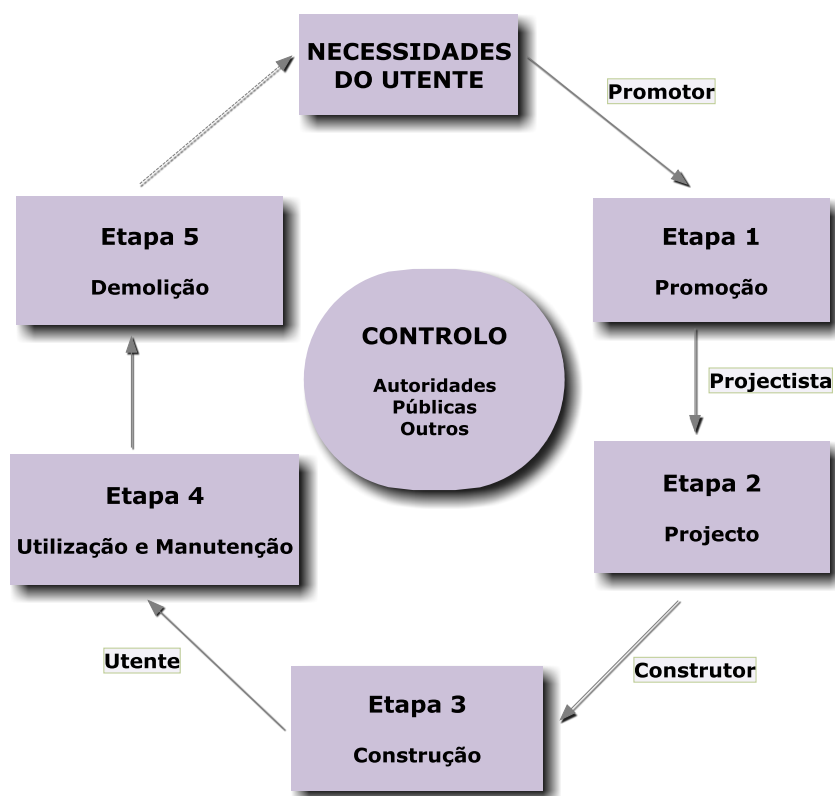


Fig. 15 - Esquema do processo construtivo proposto

Pretende-se então definir a forma como deve ser produzida e partilhada a informação que, para além de ser registada por diversas aplicações, deve ser importante em fases distintas do processo construtivo. Uma análise superficial aos comportamentos habitualmente tomados no sector da construção permite assegurar que, em cada fase do processo e para cada interveniente, o nível de análise varia de forma bastante acentuada.

3.3.2.2. Promoção

Como já defendia Max Wertheimer, o todo é mais do que a simples soma das partes e daí o produto de construção sair valorizado se for concebido como um todo. Um sistema de informação funcional deverá permitir a antecipação de custos, bem como estipular prazos e equacionar possíveis limitações permitindo ao promotor uma análise mais fidedigna da viabilidade da construção.

Idealmente, um modelo de construção deverá conter uma base de dados com as informações relevantes de construções anteriores, assim como as normas legislativas, de ordenamento de território e todas as informações geográficas pertinentes. Informações adicionais, tais como possíveis fornecedores e parceiros nas diferentes fases, agilizam todo o processo construtivo. Um sistema de gestão documental deve ser concebido com o sentido de organizar e divulgar todo o tipo de informação a produzir durante o processo construtivo (não apenas durante a fase de promoção): correspondência, actas de reuniões, elementos de projecto, autos de medição, etc.

3.3.2.3. Projecto

Nesta fase pretende-se definir soluções construtivas que satisfaçam o inicialmente idealizado, com capacidade de se ajustarem cada vez mais à medida que se desenvolve o projecto.

O projecto pode subdividir-se nas seguintes fases:

- Concepção da geometria do empreendimento;
- Especificação dos elementos integrantes;
- Análise comportamental.

Nem toda a informação produzida nesta fase é partilhada com as restantes classes profissionais intervenientes por serem irrelevantes para o desenvolvimento do seu trabalho, podendo a sua divulgação ser contraproducente, assumindo carácter de "excesso informativo" e desfocando-se do essencial a ser transmitido (POÇAS MARTINS, J.P., 2009). O cerne da questão encontra-se na possibilidade de partilha de informação intra e interprofissional em tempo real, criando-se uma interligação em que cada interveniente se mantém actualizado sobre as alterações que vão sendo introduzidas, uma vez que isso influenciará o trabalho de cada um.

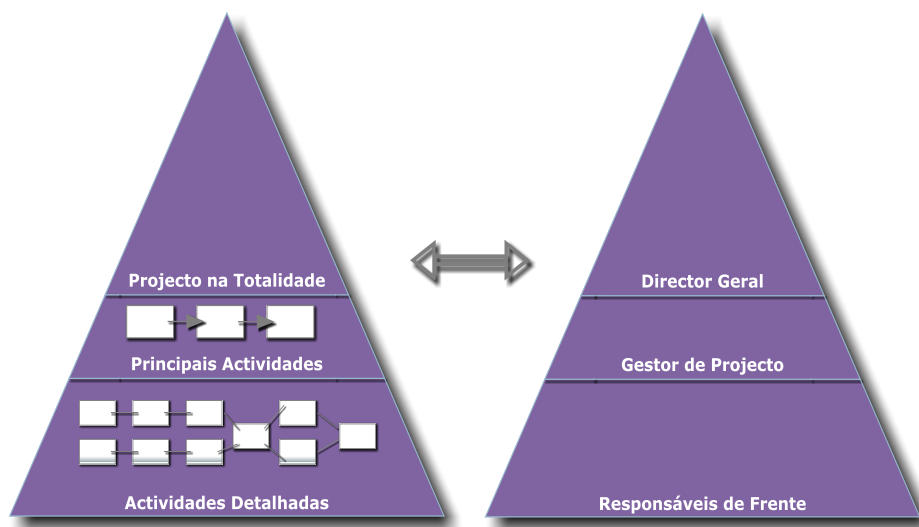


Fig. 16 - Necessidade de informação versus posição na organização. Adaptado de (SOUSA, H.d., 2003)

Idealmente, deveria utilizar-se a representação tridimensional para a transmissão gráfica dos elementos de construção, facilitando desta forma a visualização do produto final como um todo, por cada um dos intervenientes, potenciando as suas intervenções parcelares. Contudo, avaliando o custo-benefício e a sobrecarga do modelo, é plausível prescindir da representação tridimensional bem como de algumas peças desenhadas e escritas em que as alterações, à medida que se desenvolve o projecto, assumem um carácter pouco significativo no trabalho dos restantes intervenientes.

Durante a fase de projecto, a informação produzida é organizada em níveis de detalhe distintos (POÇAS MARTINS, J.P., 2009):

- A um nível "elementar", define-se cada componente individual, especifica-se a sua forma e a sua localização; É esta informação que compõe as peças desenhadas do projecto;
- A um nível mais geral, associam-se características físicas a cada grupo de componentes e definem-se regras para orientar a sua implementação em obra. Esta informação pode ser utilizada em projectos diferentes e é agrupada de modo a formar as especificações técnicas do projecto;
- A um nível "operacional", os elementos de construção são associados a artigos, formando o mapa de trabalhos e quantidades; É a estes artigos que serão associados custos e prazos nas fases posteriores.

O projecto não finda neste momento, pelo que terá de se submeter a uma avaliação do cumprimento dos requisitos necessários à sua implementação, sendo entretanto encaminhada para as entidades reguladoras e encarregadas do licenciamento toda a informação relevante relativa ao cumprimento dos requisitos. Não é de todo necessário enviar uma compilação exhaustiva de toda a informação produzida mas apenas a mais pertinente.

3.3.2.4. Licenciamento

O licenciamento é um passo muito importante para o desenvolvimento do projecto, visto que é nesta fase que se entregam formalmente todos os documentos necessários para a aprovação e consequente conclusão do mesmo.

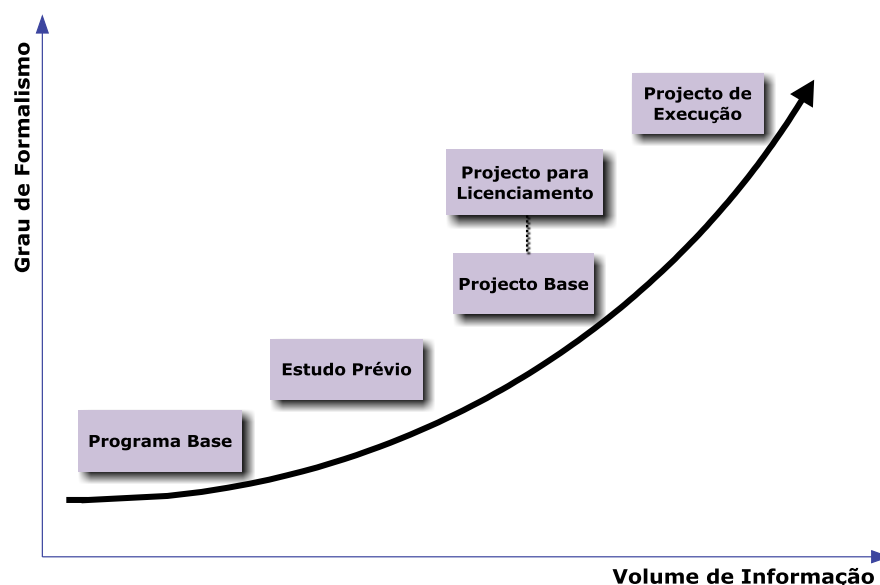


Fig. 17 - Produção de informação e sua formalização ao longo das fases de projecto

Pela primeira vez a equipa de projecto fornece documentação para o exterior que apenas era partilhada entre os projectistas e o dono de obra ou com o auxílio de elementos que o façam representar. Esta documentação contém informações que, até à fase de licenciamento, eram bastante informais, não estando apresentadas sob a forma de documentos de projecto. Inevitavelmente, também existem trocas de informações com outros intervenientes, inclusivamente com entidades municipais, por exemplo, aquando de Pedidos de Informação Prévia. Desta forma, pode afirmar-se que até à fase de licenciamento, toda a partilha de informação que possa ser uma representação do edifício, dá-se entre a equipa projectista e o dono de obra, correspondendo às fases de projecto habituais. Embora todas estas fases estejam definidas na lei, na prática a interpretação do que é um estudo prévio, por exemplo, é muito distinta, sendo frequente elaborarem-se estudos prévios com um grau de desenvolvimento completamente diferente uns dos outros ou acabando mesmo por não existir. Admite-se que, em geral, quanto melhores e duradouras forem as relações entre a equipa projectista, dono de obra e empreiteiro, menor é a variedade de procedimentos. É de todo importante que se desenvolvam este tipo de relações, pois favorecem o desenvolvimento de procedimentos e formas de comunicação padrão.

Na fase de licenciamento existem regras de representação e procedimentos formais que diminuem significativamente a variabilidade dos conteúdos e dos respectivos formatos apresentados. Também, pelo facto de ser uma etapa de cumprimento obrigatório, esta distingue-se da generalidade das fases de projecto.

3.3.2.5. Construção

É na fase de construção que, ao ser acrescentada informação referente aos custos e prazos durante o processo de concurso, os elementos preparados em fases anteriores são concluídos, nascendo assim o orçamento comercial e o planeamento da obra. Esta informação permite fazer a decomposição do trabalho em itens do mapa de trabalhos e quantidades. Aquando da preparação técnica da obra, é feita a divisão da obra em recursos como a mão de obra, materiais, equipamentos e sub-empreitadas, podendo ser associado a estas informação complementar, tais como listas de fornecedores, um historial de custos e prazos de execução, etc. Deve reunir-se toda a informação recolhida na fase de preparação inicial da obra para elaborar documentos que, regra geral, não são partilhados com outros intervenientes: o orçamento de produção e uma revisão do planeamento.

Durante a construção, muita da informação é actualizada, quer devido a questões relacionadas com a produção, quer com a fiscalização, sendo produzidos novos documentos e actualizados outros. Planos de qualidade, saúde e segurança são criados e actualizados constantemente, podendo incluir não conformidades assinaladas pela equipa de fiscalização. Também os autos de medição são preparados e examinados com frequência, dando origem à facturação de trabalhos realizados. Toda esta informação é usualmente relacionada com o mapa de trabalhos e quantidades. A incessante preparação técnica da obra obriga o estudo constante dos elementos de projecto e à sua divisão, formando novas peças para uso interno (*shop drawings*). A evolução da construção é registada e enviada periodicamente para o Dono de Obra.

Com o desenvolver dos trabalhos em obra é habitual o empreiteiro optar por subcontratar alguns dos serviços que eventualmente ache necessário, tornando-se obrigatório fornecer a esses sub-empreiteiros alguns elementos de projecto que sejam importantes para o efeito. No final dos trabalhos, o empreiteiro deve actualizar os dados que recebeu do projectista de forma a compatibilizá-los com os trabalhos efectivamente realizados, produzindo as telas finais.

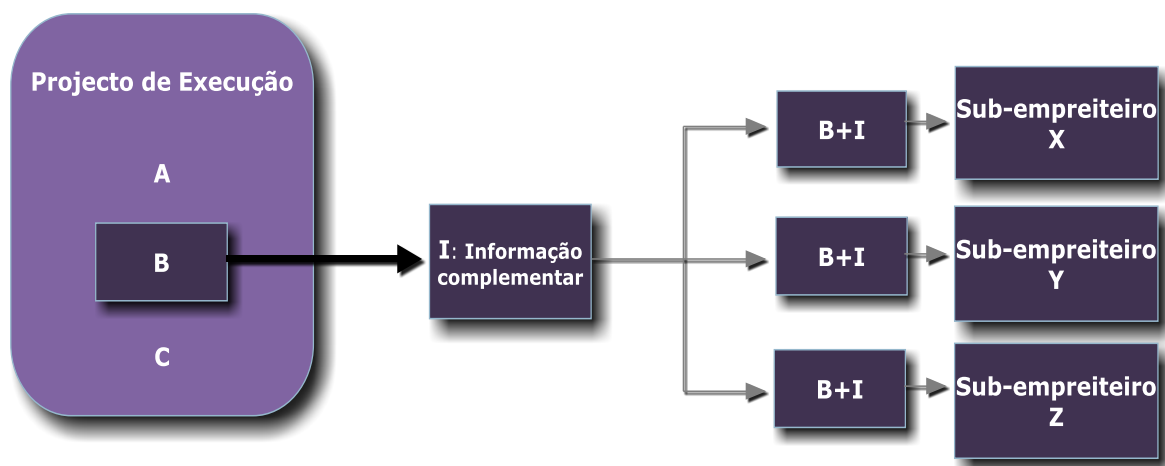


Fig. 18 - Desagregação de elementos do projecto a distribuir por sub-empregueiros

3.3.2.6. Utilização e Manutenção

Faz sentido que todos os intervenientes envolvidos nesta fase acedam às informações relevantes produzidas nas fases anteriores e que tal acesso seja sempre permitido até finalizar o produto de construção. Poderá ser pertinente utilizarem-se também programas de apoio à gestão de edifícios, ajudando as decisões nesta fase, nomeadamente na utilização mais rentável dos espaços disponíveis, no controlo do funcionamento de equipamentos eléctricos e mecânicos ou para servirem de apoio à decisão da fase de manutenção.

Desde 2004, "*não pode ser celebrada a escritura pública que envolva a aquisição da propriedade de prédio ou fracção destinada à habitação sem que o notário se certifique da existência da ficha técnica da habitação e de que a mesma é entregue ao comprador*" (Decreto-Lei n.º 68/2004, de 25 de Março).

Alguns promotores assumem a boa prática de facultar aos clientes dos edifícios de habitação um "Manual da Habitação" onde vêm descritos os cuidados de utilização e manutenção, sendo estes acessíveis a qualquer utilizador.

Em suma, a informação considerada relevante durante esta fase inclui dados relativos à geometria do edifício (representada nas telas finais) e ao comportamento dos seus componentes.

3.3.2.7. Demolição

A fase de demolição é a última das fases do processo construtivo e representa o final do ciclo de vida de uma construção. Neste sentido, esta deve ser encarada mais como um marco do que como uma actividade.

Embora esta fase ainda não seja encarada com a devida importância, temas como a reutilização dos produtos da construção fazem com que a informação produzida nas fases anteriores seja essencial nesta etapa, em particular a que está relacionada com os materiais utilizados. Assim, questões relacionadas com a sustentabilidade da construção têm vindo a impor a disponibilidade de informação relacionada com as propriedades dos materiais aplicados nos produtos da construção.

Esta transição da informação reunida ao longo do ciclo de vida dos produtos é característica da filosofia PLM (*Product Lifecycle Management*), na qual os BIM podem ser enquadrados.

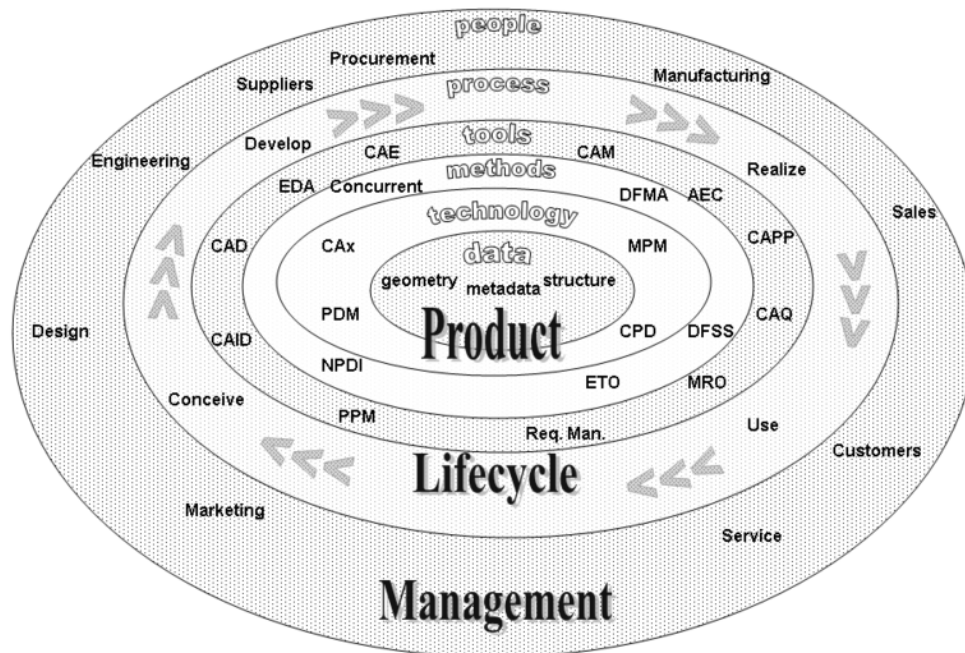


Fig. 19 - Esquema da filosofia PLM. Adaptado de (Absoluteastronomy.com)

Pode e deve ser associado aos BIM, informação sobre os seguintes parâmetros:

- Reutilização dos materiais;
- Destinos transitórios e finais dos resíduos de construção e demolição (RCD) - reciclagem, incineração ou aterro;
- Custos na gestão dos RCD - triagem, processamento, contentorização e transporte, depósitos e vazadouros, etc;
- Conhecimentos sobre a gestão dos RCD - propriedades dos materiais, perigosidade dos materiais, etc.

Embora exista potencial para desenvolver ferramentas relevantes para esta fase do processo construtivo, na prática outras fases têm-se revelado mais atractivas neste sentido.

3.3.3. PAPEL DOS INTERVENIENTES NO PROCESSO CONSTRUTIVO NA INTEGRAÇÃO DOS BIM

3.3.3.1. Aspectos Gerais

Um dos requisitos mais importantes para uma colaboração eficaz usando os BIM é garantir que todos os intervenientes no processo construtivo estão envolvidos na criação e desenvolvimento deste modelo.

No decorrer do processo construtivo, as necessidades dos intervenientes, no que concerne à informação, são variáveis. Em geral, o papel de cada interveniente está mais concentrado numa fase do processo, sendo bastante limitado nas restantes fases. Assim sendo, é necessário que um sistema de informação, associado a um projecto de construção, seja dinamizado por um agente que tenha

responsabilidades em todas as fases do processo construtivo, em especial nas fases de promoção, projecto e construção, até à entrega definitiva da obra.

Importa também que o responsável pela gestão de um sistema de informação baseado num BIM, se interesse pela difusão da informação elaborada durante o processo construtivo pelos diversos intervenientes. No entanto, grande parte da informação produzida pode ter implicações futuras ao nível da responsabilidade civil dos seus produtores, o que pode funcionar como um limitador na divulgação dessa informação (EASTMAN, C., 2008).

Por fim, crê-se que para um sistema de informação ser adequado deve basear-se num modelo sólido, que se estabeleça como padrão. Têm sido desenvolvidos esforços no sentido de criar um modelo com as características referidas mas, claramente, esta tarefa apresenta-se como ambiciosa e de certa maneira inacessível a uma grande parte dos intervenientes em projectos de construção nacionais. É importante que se aposte na investigação e no desenvolvimento da gestão da informação mas, neste momento, este esforço só pode ser feito por um conjunto muito limitado de intervenientes (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

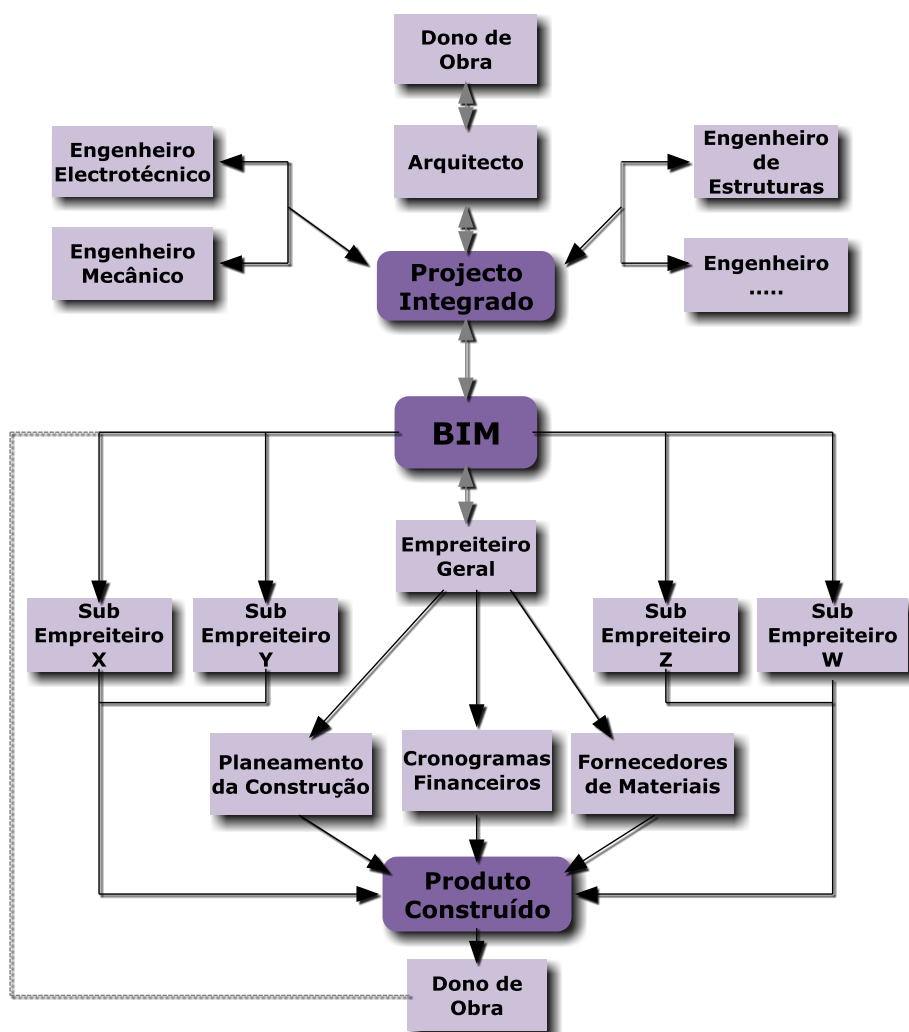


Fig. 20 - Envolvimento dos diversos intervenientes no desenvolvimento do processo construtivo baseado num BIM

3.3.3.2. Dono de Obra

O Dono de Obra (DO) tem grande responsabilidade no que diz respeito à gestão de um sistema de informação. Numa primeira fase, os DO públicos têm uma maior responsabilidade visto que, por um lado, são estes que dispõem de recursos necessários ao esforço de investigação e desenvolvimento exigido para criar um modelo de informação para a construção ou para adaptar um modelo que eventualmente exista. Por outro, sendo os mais importantes e influentes dos DO, serão os únicos com habilidade para impor que as práticas correntes sejam alteradas.

Tendo em conta o exposto anteriormente, seguem-se algumas das recomendações que seriam desejáveis o DO ter em conta na que diz respeito a um modelo de informação baseado num BIM:

- DO deve desenvolver um guia em que identifique o tipo de informações que precisam de ser reunidas e como estas devem ser ajustadas para os sistemas BIM;
- Considerar, avaliar e promover a aplicação de ferramentas BIM para melhorar o processo de planeamento;
- Desenvolver um método automático de revisão de documentos que ligue directamente os comentários às revisões dos planos com as especificações apresentadas pela Equipa Projectista (EP);
- Desenvolver ferramentas que permitam ao pessoal verificar e validar o rigor e integridade dos pedidos;
- DO deve acompanhar o desenvolvimento e aplicação dos modelos de informação, verificar a disponibilidade dos softwares e aumentar a sua fiabilidade;
- Promover métodos de armazenamento de arquivos elaborados com sistemas BIM para a posterior utilização no futuro;
- Promover a utilização de ferramentas colaborativas que auxiliem os métodos descritos anteriormente;
- Contribuir para o desenvolvimento de sistemas de informação geográfica (SIG) que tenham ligação com os BIM;
- Continuar o desenvolvimento de sistemas de gestão dos serviços, promovendo a correcta definição e armazenamento das informações e políticas de troca destas;
- Desenvolver um sistema de gestão da informação fiável e viável a longo prazo;
- Monitorizar o desenvolvimento da tecnologia do modelo IFC, tendo em conta a sua importância no que diz respeito à interoperabilidade dos sistemas.

3.3.3.3. Equipa Projectista

A equipa projectista assume o papel mais importante no que toca ao desenvolvimento e implementação correcta de um BIM. É esta que mais interage directamente com o sistema, em grande parte do processo, sabendo o que é essencial este conter para todos os trabalhos fluírem com facilidade. Assim sendo, ela deve ser responsável pelo seguinte:

- Funcionar como elemento de ligação principal com o DO;
- Informar do ponto de situação da obra, problemas e soluções, estabelecendo parâmetros de monitorização e programação;

- Determinar o grau de especificidade do modelo e a quantidade de informação contida neste, com base nas necessidades do projecto;
- Desenvolver documentos técnicos, planos, especificações e mapas de trabalhos e quantidades, respondendo às exigências da empresa;
- Incentivar a utilização de todas as potencialidades das ferramentas BIM impedindo, por exemplo, que estas se tornem unicamente numa ferramenta de desenho;
- Formular, comunicar, executar e apoiar as novas e existentes iniciativas estratégicas da empresa;
- Promover o desenvolvimento do uso dos BIM na empresa, por exemplo, desenvolver/coordenar as estratégias de formação da equipa de trabalho;
- Incentivar o uso de ferramentas BIM em todos os processos em que estas sejam aplicáveis, impedindo que sejam utilizadas, desnecessariamente, outras não BIM e que posteriormente seja necessário "remodelá-las" para ferramentas BIM, evitando a repetição de tarefas;
- Documentar e informar toda a equipa de trabalho do progresso, das questões e/ou problemas numa base de dados pró-activa, enquanto ajuda na recomendação e implementação de melhorias nos programas de projecto existentes;
- Evidenciar que o uso dos BIM nas suas soluções de projecto ajuda a reforçar os aspectos relacionados com a sustentabilidade na construção;
- Desenvolver um plano de integração a longo prazo dos sistemas BIM na organização.

3.3.3.4. Empreiteiro

As responsabilidades dos empreiteiros para a correcta implementação e desenvolvimento de um BIM são, entre outras, as seguintes:

- Informar a equipa projectista de eventuais alterações necessárias no projecto, utilizando para isso os BIM;
- Avaliar os custos da execução dos diversos elementos da construção, em termos quantitativos, fornecendo os resultados dessa avaliação à equipa projectista para posterior integração no sistema;
- Desenvolver uma linguagem adequada em obra que promova a troca correcta de informação relacionada com os BIM entre os intervenientes;
- Tentar inculcar aos fornecedores de materiais a necessidade de estes modelarem os seus produtos para posterior utilização num sistema BIM por parte da equipa projectista;
- Promover o uso de tecnologias de verificação da conformidade dos trabalhos em obra compatíveis com os BIM: sistema laser de verificação dos elementos construídos; GPS; etiquetas de identificação por radiofrequência para controlo dos materiais de construção; etc; Todas estas tecnologias exportam as verificações directamente para o sistema BIM.

3.3.3.5. Entidades Licenciadoras

O uso de tecnologia BIM permite automatizar um conjunto de tarefas necessárias ao licenciamento de projectos. As entidades licenciadoras passam a dispor de um processo de licenciamento ágil, o que resulta numa economia significativa no que diz respeito aos recursos humanos necessários.

Para que tal aconteça, as entidades licenciadoras devem promover os seguintes aspectos:

- Definir um formato que estabeleça um padrão de trabalho para todos;
- Motivar a produção de conteúdos num formato compatível com o utilizado no processo de licenciamento, logo à formalização da informação gerada.

Neste sentido, o processo de licenciamento reveste-se de uma primordial importância no que diz respeito à gestão da informação visto que, ao fixar uma forma de representação padrão e ao obrigar certos requisitos do projecto a serem expostos, funciona como um incentivador para uma mudança nos métodos de trabalho. Noutra perspectiva, oferece aos intervenientes vantagens evidentes em vários aspectos, o que é uma condição fundamental para uma rápida difusão dos modelos de informação na construção.

É importante referir que o processo automático não é, necessariamente, definitivo. O processo de verificação automática deve poder ser alterado manualmente no sentido de permitir às entidades ter o poder de fazer uma análise menos restritiva em situações que estes entendam, por exemplo. É, também, importante que as entidades possam ter o direito de não aprovar um projecto, mesmo que este seja considerado válido pelo sistema de verificação automática.

3.3.4. PAPEL DE ENTIDADES EXTERIORES AO PROCESSO CONSTRUTIVO NA INTEGRAÇÃO DOS BIM

3.3.4.1. Responsabilidades das Instituições de Ensino

"Embora sabendo que os alunos irão, inevitavelmente, trabalhar com computadores, todo o ensino sobre o processo de projecto gira em redor da "manualidade", do esquiço, da maquete (física), do desenho a lápis. As disciplinas dedicadas ao uso das tecnologias de informação existem em menor quantidade e geralmente têm pouco peso quando comparadas com as outras. Assim, estas são nitidamente disciplinas secundárias, sem grande relevância para a arte de projectar, apenas servindo para dotar os alunos de algumas competências manuais ao nível da produção de peças desenhadas.

Se esta postura poderia fazer algum sentido há 15 anos, quando a maioria dos programas informáticos de CAD apenas eram estiradores digitais, hoje em dia, com a proliferação e crescimento do BIM, existe um enorme desfasamento entre o que são as necessidades formativas dos alunos e a capacidade de leccionação dos cursos.

A isto não é alheio o facto da maioria dos professores, assim como a maioria dos arquitectos seniores dos ateliers, terem tido uma formação pré-digital, fortemente apoiada nas Belas Artes. As questões tecnológicas são vistas por estas gerações como sendo de menor importância face à dimensão humanística e artística do arquitecto, totalmente desfasados da realidade actual, portanto." (KRIPPAHL, M., 2009)

A implementação de qualquer sistema deve ser feita a partir da raiz deste. Segundo vários autores, no que toca aos sistemas BIM, este esforço deve ser feito nas Universidades, onde todo o processo de aprendizagem se inicia. As instituições devem fazer um esforço para incluir nas matérias leccionadas os conceitos teóricos e a componente prática deste tipo de tecnologia, sendo necessário que estas façam um esforço na formação do pessoal docente ou exijam que estes se instruem mesmo fora das

instituições. Segundo alguns autores, só assim se conseguirá eliminar o desconhecimento sobre este tipo de sistemas e obter a sua correcta implementação dentro de uma organização.

Algumas instituições de ensino tentaram já incluir no seu programa de ensino disciplinas relacionadas com os sistemas BIM. No entanto, notaram uma elevada resistência à mudança por parte dos docentes (KRIPPAHL, M., 2009). Esta deve-se-á, porventura, ao facto do seu método de ensino já estar completamente consolidado e o facto de mudar esse método implicar um grande esforço de adaptação e perda de tempo, o que não é atractivo para a generalidade dos docentes com muitos anos de serviço.

Com o aumento da massa crítica e da inevitável transição para ferramentas mais inteligentes, há uma tentativa no sentido de alterar o mercado das soluções informáticas, simulando a continuidade onde ela na verdade não existe e dando a entender que os BIM podem ser uma evolução dos modelos convencionais, com receio de assumir que se trata, de facto, de uma alternativa há muito adiada. É importante entender-se que o que está em causa não é uma evolução, mas sim uma (pequena) revolução.

3.3.4.2. Papel dos BIM como Resposta à legislação - Caso Português

Vários diplomas têm vindo a modificar o panorama legislativo em Portugal. De seguida é feita uma análise onde são expostos alguns pontos dos documentos em que os BIM podem ser importantes:

a) Regime Jurídico da Urbanização e Edificação:

- Introduce o conceito de coordenador de projecto, que é responsável pela compatibilização entre os vários projectos; Esse coordenador declara, por escrito, que os projectos são compatíveis entre si; Este papel cabe habitualmente ao arquitecto, quando ele faz parte de uma equipa;
- Cria a possibilidade da tramitação informática dos projectos; O processo passa a ser integralmente digital, incluindo os projectos;
- Os procedimentos de licenciamento são “simplificados”; A análise dos projectos (arquitectura e especialidades) é feita apenas no início da obra, com o construtor já contratado; Assim, se houver incumprimento de algum dos diplomas legislativos que regem a construção, o arquitecto terá que assumir a responsabilidade dos atrasos e custos perante o cliente.

b) Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE):

Legislação muito precisa sobre o comportamento térmico dos edifícios, que tem implicações directas na arquitectura, ao nível dos materiais, formas, vãos e espaços. Obriga a uma verificação cuidadosa do comportamento térmico do edifício desde uma fase inicial de concepção.

c) Novo Código de Contratos Públicos (CCP):

- A tramitação dos concursos de obra passa a ser baseada em portais de internet, sendo que os projectos passam a ser entregues em formato digital;
- Os técnicos passam a ser responsabilizados solidariamente pelos erros e omissões dos seus projectos;
- Os arquitectos, como coordenadores gerais de todos os projectos, poderão ser chamados a pagar até 3 vezes os honorários totais para suprir esses erros em obra.

Este pacote legislativo, quando aplicado com rigor, altera bastante o panorama dos projectos em Portugal, sobretudo porque responsabiliza seriamente os projectistas, com especial ênfase no coordenador da equipa, o arquitecto. Isto aplica-se tanto para as obras públicas, com multas até 3

vezes os honorários totais, como para obras particulares, em que o arquitecto passa a ser responsável pelos erros e omissões de projecto que originem derrapagens em obra e erros que atrasem ou inviabilizem as obras particulares.

Para além de se elevar a exigência de rigor dos projectos, reforça-se substancialmente o papel de coordenador de projecto e as respectivas responsabilidades. Passa a competir ao arquitecto, como coordenador da equipa projectista, a compatibilização das variadíssimas especialidades. Casos como o atravessamento de vigas por condutas de AVAC, por exemplo, serão suportados, em obra, também pelo arquitecto.

As consequências são variadas. Logo à partida, fecha-se o campo de acção dos pequenos gabinetes pois, para obras com alguma dimensão, o risco associado inviabiliza que esses gabinetes venham a concorrer com preços competitivos. Qualquer erro de média dimensão fará falir um *atelier* de 2 ou 3 arquitectos, que dependem inteiramente de consultores externos para executarem as especialidades.

Os gabinetes maiores terão vários caminhos possíveis, em alternativa ou acumulação:

- Especializarem-se em tipos específicos de obra;
- Integrarem nas suas equipas as especialidades, o que obriga a um crescimento substancial da estrutura;
- Alterarem os seus procedimentos, de modo a terem um maior controlo sobre o *output* dos projectos de arquitectura e das várias especialidades.

No actual panorama da legislação em Portugal, descrito anteriormente, os BIM poderão ter um papel preponderante, pois esta metodologia, quando aplicada com o devido cuidado, minimiza o risco de erros, omissões e incompatibilidade entre projectos. Para isso é necessário:

- Gerir esforços no sentido de converter as empresas, sendo para isso necessário contrariar as práticas enraizadas, preconceitos, inércia e falta de conhecimento;
- Formar uma nova geração de arquitectos que utilize a ferramenta informática não como um acessório mas como parte integrante do processo de design;
- Enaltecer a qualidade, o rigor e o profissionalismo em detrimento de outros valores menos próprios que existam no mundo da construção civil e das obras públicas.

As recompensas são também grandes, pois o mercado está a mudar, e quem souber aproveitar as oportunidades que são geradas por esta mudança poderá conseguir bons frutos nos anos que se avizinham.

3.3.5. CARACTERÍSTICAS DESEJÁVEIS NUM MODELO DE INFORMAÇÃO

De entre outras, são apresentadas as características desejáveis consideradas mais importantes num modelo de informação para a construção (POÇAS MARTINS, J.P., 2009):

- Deve ser evolutivo para acompanhar todas as fases do processo construtivo descritas sucintamente acima;
- Deve permitir a geração automática de alguns dos documentos referidos;
- Deve funcionar como repositório central de informação, embora não esteja necessariamente localizado num computador único;

- Deve aceitar que vários intervenientes realizem trabalho simultâneo, evitando potenciais conflitos que possam decorrer deste tipo de utilização;
- Deve poder ser implementado com diferentes graus de compromisso, que estarão associados a uma maior ou menor necessidade de proceder a alterações aos procedimentos habituais na construção.

3.3.6. ALTERAÇÕES NECESSÁRIAS

Para alterar a situação actual relacionada com a dificuldade em fazer uma gestão eficaz da informação, que é um entrave para a implementação dos modelos de informação, deve fazer-se a combinação de, pelo menos, duas soluções (POÇAS MARTINS, J.P., 2009):

- **Padronização de produto:** Desenvolver estímulos para serem criadas soluções estandardizadas que sejam atractivas para os clientes; Neste sentido pode apostar-se mais em soluções como a pré-fabricação dos materiais e das soluções construtivas; Embora, na prática, estas soluções não sejam a base do mercado, está demonstrado que têm potencial para inverter esta situação;
- **Padronização de actividades de projecto:** É importante desenvolver esforços para que o projecto assente na qualidade e se diminuam ou mantenham os custos associados ao seu desenvolvimento; Para isto ser possível é necessário transformar as práticas correntes nesta fase em processos; Esta necessidade está enquadrada no contexto deste trabalho, tendo como base as tecnologias disponíveis.

A implementação deste tipo de alterações compete às organizações com capacidade para criar as condições favoráveis, ao nível do sector da construção.

4

PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

4.1. INTRODUÇÃO

"As micro, pequenas e médias empresas (PME) são o motor da economia europeia, uma vez que constituem uma fonte essencial de postos de trabalho e desenvolvem o espírito empresarial assim como a inovação na UE. Estas são por isso cruciais para fomentar a competitividade e o emprego" (e-Business Watch, 2005)

Dada a importância e peso que as PME têm no mercado de trabalho nacional e internacional é deveras importante que, no seguimento deste trabalho, sejam expostas e analisadas determinadas questões relacionadas com estas.

Numa primeira fase, importa definir o contexto em que as PME se enquadram e a sua influência no sector da construção.

Numa segunda fase, serão realçadas as principais questões relacionadas com as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) nas PME.

Por último, evidenciar-se-ão as potencialidades da integração de modelos de informação baseados num BIM na melhoria do fluxo de trabalho dentro das PME.

4.2. DEFINIÇÃO DE MICRO, PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

Em Maio de 2003 (Recomendação 2003/361/CE da Comissão Europeia) foi feita uma actualização da definição de micro, pequenas e médias empresas, a fim de tomar em consideração a evolução económica verificada desde 1996 (inflação e crescimento da produtividade) e a experiência adquirida com a aplicação prática da referida definição.

A actual definição esclarece, assim, a qualificação das pequenas e médias empresas e a noção de microempresa. Com ela, reforça-se a eficácia dos programas e políticas comunitárias destinadas a este tipo de empresas. O que se pretende é evitar que as empresas cujo poder económico exceda o das PME possam beneficiar dos mecanismos de apoio, especificamente destinados a estas últimas (IAPMEI, 2007).

As micro, pequenas e médias empresas são definidas em função dos efectivos de que dispõem e do seu volume de negócios ou do seu balanço total anual. Estas são diferenciadas da seguinte maneira:

- Média empresa: empresa que emprega menos de 250 pessoas e cujo volume de negócios não excede 50 milhões de euros ou cujo balanço total anual não excede 43 milhões de euros;

- Pequena empresa: empresa que emprega menos de 50 pessoas e cujo volume de negócios ou balanço total anual não excede 10 milhões de euros;
- Microempresa: empresa que emprega menos de 10 pessoas e cujo volume de negócios ou balanço total anual não excede 2 milhões de euros.

Tabela 4 - Definição das Empresas segundo o Decreto-Lei n.º 372/2007, de 6 de Novembro

Dimensão	Nº Efectivos	Volume de Negócios ou Balanço Total
PME	<250	<=50M€ (VN) ou <=43M€ (BT)
Micro	<10	<=2M€
Pequena	<50	<=10M€
Média	As PME que não forem micro ou pequenas empresas	

A definição de micro, pequenas e médias empresas só é vinculativa no que diz respeito a determinadas matérias, como os auxílios estatais, a participação dos fundos estruturais ou os programas comunitários, designadamente o programa-quadro de investigação e desenvolvimento tecnológico. Não obstante, a Comissão encoraja vivamente os Estados-Membros, o Banco Europeu de Investimento e o Fundo Europeu de Investimento a utilizá-la como referência. As medidas tomadas em favor das PME adquirirão, assim, uma maior coerência e uma melhor eficácia.

4.3. PME DO SECTOR DA CONSTRUÇÃO

4.3.1. SITUAÇÃO NACIONAL

O sector da construção nacional agregava, em 2005 (INE, 2008), 11,5% do total de empresas portuguesas, gerando com isso 13,1% do emprego, 11,5% do valor acrescentado bruto, e 10,2% do total do volume de negócios nacional.

A dimensão média das empresas da construção tem vindo a decrescer. Em 2005 era de aproximadamente 4 pessoas ao serviço (INE, 2008). Como tal, não é surpreendente o facto de as PME terem um grande peso neste sector (Tabela 5), representando 99,9% das empresas (INE, 2008), sendo estas responsáveis por 92,2% do emprego, 73,2% do valor acrescentado bruto, e 79,5% do volume de negócios da construção.

Tabela 5 - Indicadores das empresas de construção portuguesas (2005) - (INE: 2007b)

	PME	Grandes
Nº de Empresas (%)	99,9	0,1
Emprego (%)	92,2	7,8
Valor acrescentado (%)	73,2	26,8

Dentro do sector da construção nacional, é importante destacar que o segmento da “construção de edifícios” foi, em 2005, responsável por 44,3% do valor total dos trabalhos de construção realizados, tendo as “obras de engenharia civil” registado os restantes 55,7% da produção total (INE, 2008). A “construção de edifícios” é a principal actividade das PME portuguesas da construção.

As micro e pequenas empresas da construção têm como principal actividade a intervenção no processo de construção de edifícios, possuindo um papel de relevo neste subsector, por via da realização de trabalhos de especificidade técnica, nas múltiplas actividades relativas à realização de empreendimentos de habitação (geralmente em regime de sub-empregada para empresas de maior dimensão).

Existe, ainda, uma outra vertente nestas empresas de pequena dimensão que se caracteriza pela realização integral de pequenos empreendimentos, geralmente para fins residenciais, fazendo apelo a uma grande versatilidade e polivalência de recursos humanos e materiais. Nestes casos, trata-se de pequenas empresas, na sua generalidade de carácter familiar, que desenvolvem trabalhos de construção civil desde as fundações de edifícios, até aos acabamentos dos mesmos, delegando por sub-empregada apenas a realização das instalações técnicas, por serem de natureza mais específica.

As micro e pequenas empresas muito especializadas, com uma estrutura reduzida e operários com elevada capacidade técnica, têm um mercado bastante mais uniforme ao longo do tempo, apesar de apresentarem alguma dificuldade de operação em matéria de preços (FONSECA, P.M.D., 2008). Este tipo de empresas caracteriza-se por uma maior flexibilidade e custos fixos reduzidos, sendo o seu financiamento muitas das vezes assegurado pelo próprio cliente sob a forma de adiantamento.

Estas empresas de menor dimensão surgem por vezes agrupadas entre si, garantindo, deste modo, uma permanência constante no mercado, uma maior vocação laboral e uma redução de concorrência.

As grandes construtoras representavam, em 2005, 0,1% do total de empresas da construção nacional. Esta percentagem tem vindo a diminuir nos últimos anos, devido a aquisições e fusões entre grandes empresas. Embora não exista em território nacional uma empresa de construção com dimensão comparável às grandes multinacionais europeias do sector (que possuem grande poderio técnico e económico-financeiro), o número de firmas portuguesas entre as 100 maiores da Europa tem vindo a aumentar na última década (e-Business Watch, 2005).

4.3.2. DIFICULDADES EXISTENTES PARA O AUMENTO DE PRODUTIVIDADE

As PME da construção, tanto a nível europeu como nacional, apresentam, em média, uma produtividade aparente do trabalho *per capita* significativamente inferior à das grandes empresas.

Grande parte das PME portuguesas de construção foi criada e gerida por profissionais (empresários) com grande iniciativa e capacidade de trabalho. Estes indivíduos promoveram um crescimento sustentado das suas empresas, compensando a sua fraca preparação cultural e técnica com a experiência entretanto acumulada. No entanto, a insuficiência de qualificação provoca dificuldades organizacionais e técnicas dos processos produtivos. Verifica-se um correcto emprego de métodos, apesar de existir uma manifesta ausência de conhecimentos no que se refere aos fundamentos teóricos e procedimentos de gestão e de técnicas de produção (FONSECA, P.M.D., 2008). Acresce, ainda, que as PME portuguesas da construção sofrem das consequências de um baixo nível técnico e cultural dos seus trabalhadores, comparativamente com outros países da Europa. Uma das consequências desta constatação reside no desconhecimento das técnicas de gestão e de produção necessárias para garantir, com rigor, o cumprimento de critérios de controlo orçamental, de prazos de execução e de qualidade. Estes factores exigem habilitações e atitudes culturais que, frequentemente, não estão ao alcance dos próprios quadros e chefias.

De seguida apresentam-se algumas dificuldades/características existentes nas PME do sector da construção, que de alguma forma afectam a sua produtividade:

- Recursos humanos de baixa qualificação técnica;
- Custo de matérias-primas e materiais relativamente mais elevado do que nas grandes empresas, que beneficiam de reduções proporcionadas pela compra de grandes quantidades;
- Prática corrente de atribuição de poder aos trabalhadores, delegando responsabilidades até aos níveis inferiores da cadeia hierárquica;
- Inexistência de barreiras de comunicação e de cooperação;
- Inexistência de normalização e uniformização de procedimentos;
- Deficiências no controlo e fiscalização da actividade produtiva em estaleiro;
- Fraco dinamismo empresarial;
- Forte concorrência interna e intra-comunitária, em particular da nossa vizinha Espanha, associada à elevada competitividade das empresas estrangeiras;
- Grandes investimentos que exigem poupanças consideráveis e prazos de amortização elevados;
- Debilidade financeira na gestão quotidiana agravada por dificuldades de recebimento de pagamentos por parte de clientes;
- Reduzida cooperação com universidades;
- Dificuldades de dedicação a tarefas simples de investigação, desenvolvimento tecnológico e de formação profissional;
- Insuficiente domínio de factores dinâmicos de produtividade;
- Baixo nível tecnológico dos equipamentos;
- Ausência de rigor no cumprimento de prazos de execução e de padrões de qualidade;
- Desrespeito pelas normas de segurança e higiene no trabalho;
- Factores de natureza macroeconómica a nível nacional e/ou internacional que podem condicionar o desenvolvimento da actividade produtiva;
- Fraca qualidade dos projectos – geralmente não possuem a qualidade dos projectos normalmente executados por empresas de maior dimensão.

4.4. TIC NAS PME

4.4.1. BARREIRAS PARA A SUA IMPLEMENTAÇÃO

Os benefícios das TIC já foram bem reconhecidos pelos investigadores da construção e pelos profissionais da indústria na sua generalidade. Um estudo sobre a gestão da construção aponta para benefícios significativos decorrentes de uma vasta aplicação de TIC na indústria. Contudo, estes benefícios podem não ser obtidos se a aplicação de ferramentas de TIC for impedida por barreiras para a sua implementação, sendo as mais preponderantes (STEWART, R.A. [et al.], 2006):

- **Relutância:** há uma relutância considerável por parte de muitos gestores de topo que, devido à carência de conhecimento e entendimento do sistema, não se apercebem dos benefícios que podem advir das aplicações de TIC; Além disso, quando estes se apercebem de que não é possível obter-se benefícios imediatos, desistem de alimentar o projecto;
- **Recursos:** nenhuma aplicação funciona isoladamente, e, por isso, tem que haver um investimento de recursos durante a sua implementação; Tais recursos podem ser financeiros, como no caso da compra de hardware e software, ou humanos, como na instrução e formação; Os profissionais da construção, habituados à intensa competição pelo preço e à focagem no fundamental, têm geralmente dificuldades em justificar investimentos em tecnologia avançada; A falta de tempo para a formação e as operações de mudança são outros factores tidos em conta pela gestão aquando da hipótese da implementação de TIC;
- **Mudança/ inovação:** qualquer mudança nos processos de trabalho provoca perturbações na produtividade, em especial na sua fase de introdução e é tanto pior quanto menor o conhecimento sobre estas mudanças e suas implicações;
- **Tradição:** a tradição pode constituir uma grande barreira para qualquer forma de nova implementação; As pessoas, independentemente da sua dedicação às novas ferramentas, têm geralmente tendência para fazer as coisas da forma a que estão habituadas.

O primeiro relatório do Sector da Construção do e-Business Watch (e-Business Watch, 2005), de Julho de 2005, identificou os seguintes pontos fracos das PME relativamente às TIC e ao *e-business*:

- **Baixa adopção de TIC apropriadas:** as TIC específicas do sector e sistemas TIC disponíveis têm-se tornado cada vez mais acessíveis às PME da construção; Porém, as PME têm sido lentas no reconhecimento das oportunidades que as TIC possibilitam e na adopção destas;
- **Estratégia de TIC:** ausência de uma estratégia coerente para o investimento em TIC;
- **Nível de competência nas TIC:** falta de competências internas de TIC e/ou acesso a assistência externa a preço acessível;
- **Cultura:** a posição conservadora (reactiva) em relação ao investimento em TIC e a cultura de comunicação oral, em detrimento da textual, são um impedimento para as oportunidades de colaboração com terceiros;
- **Recursos:** escassez de recursos para o investimento em TIC e, ainda mais importante, a falta de conhecimento dos custos e benefícios financeiros (retorno do investimento) das diferentes aplicações de TIC;
- **Tamanho:** as PME não possuem, geralmente, as capacidades financeiras e administrativas necessárias para competirem sozinhas contra empresas de maior dimensão; A variação da dimensão de uma PME, por vezes relacionada com oscilações da procura ou do ajustamento a

um novo segmento do mercado, acarreta o risco de ser necessária a troca de um sistema de comunicação por outro mecanismo mais adaptado à sua dimensão;

- **Custos decorrentes da inadequada interoperabilidade entre software:** custos desnecessários de transferência e análise manual de informação.

A mesma publicação refere que, em termos de integração interna de TIC nas empresas da construção, a situação nas PME é diferente das grandes empresas. Geralmente as PME não recorrem a uma tão grande variedade de TIC como as grandes empresas e, portanto, não dão tanta importância à sua correcta integração. Muitas PME apresentam ainda os seguintes obstáculos para uma correcta integração de TIC (e-Business Watch, 2005):

- Ausência de uma estratégia de TIC consistente;
- Falta de aptidões e competências que possibilitem uma eficaz integração das TIC actualmente existentes;
- Pedidos contraditórios de *stakeholders* que pretendem um certo *work-flow*;
- Tradição do uso de sistemas próprios.

4.4.2. RISCOS

Além das dificuldades apontadas em 4.4.1., existem alguns riscos relativamente à aplicação de TIC nas PME (e-Business Watch, 2005):

- **Lenta compreensão das TIC:** a escassa compreensão das TIC, em especial nas áreas de colaboração, presença online e soluções móveis, constitui potencial não aproveitado para as PME;
- **Standards:** ausência de normas da indústria (em particular as normas de partilha e de troca de informação);
- **Exigências contraditórias:** exigências contraditórias no uso específico de TIC por parte de pessoas externas (clientes, compradores); Pressão sobre as PME para adoptarem as normas de TIC usadas por fornecedores e clientes;
- **Consolidação:** as grandes empresas da construção enfrentam necessidades de maior eficiência; Como resultado, algumas destas empresas poderão vir a diminuir o recurso a sub-empregados (que são, geralmente, PME); Este facto, contudo, pode ser uma oportunidade importante para as PME, uma vez que vai levar a um relacionamento mais estreito e contínuo entre as grandes empresas e um número reduzido de sub-empregados.

O risco de uma lenta compreensão das TIC parece ser particularmente relevante em certas áreas: colaboração, integração interna, aumento de produtividade e processos de trabalho móveis. Por outro lado, em outras áreas a lenta compreensão das TIC não tem qualquer consequência para as empresas da construção. Por exemplo, é questionável se a reduzida aplicação de TIC nas áreas de vendas e marketing constitui uma ameaça para as PME da construção, pelo menos a curto prazo. Isto deve-se às características intrínsecas do sector, como a circunscrição dos projectos a determinada área geográfica, e à abundância de trabalho marcadamente artesanal na construção, limitando assim a venda online de serviços de construção. Portanto, as TIC devem, acima de tudo, proporcionar o aumento de produtividade, a integração de processos de trabalho e a cooperação. Deste modo, as PME da construção podem adquirir uma maior competitividade a longo prazo.

4.4.3. VANTAGENS SOBRE AS GRANDES EMPRESAS

Embora as PME apresentem muitas dificuldades relativamente à aplicação de TIC comparativamente com as grandes empresas, existem algumas vantagens das primeiras em relação às segundas (e-Business Watch, 2005):

- **Flexibilidade:** devido à dimensão da empresa, as PME são mais flexíveis na tomada de decisão e nas alterações do negócio do que as empresas maiores; As PME da construção podem adaptar facilmente o tamanho da empresa e a estratégia de negócio a novas condições de mercado; Estas empresas lidam, frequentemente, com tarefas diversificadas de modo a manter o ritmo de actividade;
- **Integração:** os processos de comunicação interna são geralmente mais fáceis entre um número limitado de pessoas da empresa;
- **Experiência na cooperação:** mesmo quando não se mostra necessário, as PME estão habituadas a cooperar com outras empresas da construção tanto em obra, como em candidaturas a concursos; Esta atitude de colaboração pode vir a revelar-se uma vantagem competitiva num ambiente cada vez mais competitivo.

4.4.4. IMPORTÂNCIA DO PLANEAMENTO ESTRATÉGICO

Como já foi referido, as pequenas empresas apresentam muitas dificuldades para sobreviverem e se tornarem competitivas. Alguns autores salientam que as pequenas empresas são eficientes no seu dia-a-dia, mas ineficazes nas decisões estratégicas. Assim, segundo estes mesmos autores, a técnica administrativa apropriada para solucionar este problema é o planeamento estratégico. De acordo com os dados recolhidos, 80% dos problemas encontrados nas pequenas empresas são de natureza estratégica e apenas 20% resultam da insuficiência de recursos. Nota-se que a grande questão para o aumento da competitividade e sobrevivência das pequenas empresas se relaciona, então, com a estratégia (TERENCE, A.C.F. and FILHO, E.E., 2001).

De seguida são evidenciadas algumas razões para uma empresa desenvolver um planeamento estratégico:

- O avanço tecnológico e as rápidas transformações no mercado tornaram mais complexa a gestão das empresas, sendo o planeamento estratégico uma forma de ajudar uma empresa a prever as mudanças no mercado, reagindo rapidamente a elas, identificando oportunidades e áreas promissoras de negócios;
- Com o aumento da competitividade, as pequenas empresas concorrem, na maioria das vezes, com as grandes empresas, que, por sua vez, conhecem os benefícios do planeamento estratégico e o utilizam como ferramenta de gestão;
- O controlo financeiro por si só não é suficiente para garantir o sucesso da empresa nos negócios; Complementando o plano orçamental, o planeamento estratégico indica o caminho futuro da empresa através dos objectivos de longo prazo;
- A empresa utiliza o planeamento estratégico para envolver os funcionários em todas as suas áreas, disseminando os objectivos na organização;
- A empresa pode utilizar o planeamento para apresentar os seus serviços aos clientes;

- O planeamento poderá ser útil no relacionamento com os fornecedores, promotores e outros profissionais do sector da construção.

Desta forma, o planeamento estratégico é um passo deveras importante e, nas pequenas empresas, as análises tendem a ser menos detalhadas e complexas. Por todas estas razões, é importante que os administradores das pequenas empresas percebam que o planeamento estratégico não precisa de ser caro, complexo, quantitativo ou mesmo muito formal, podendo ser realizado a pequena escala, com a intervenção dos funcionários e concentrando-se apenas nas actividades necessárias às respectivas organizações.

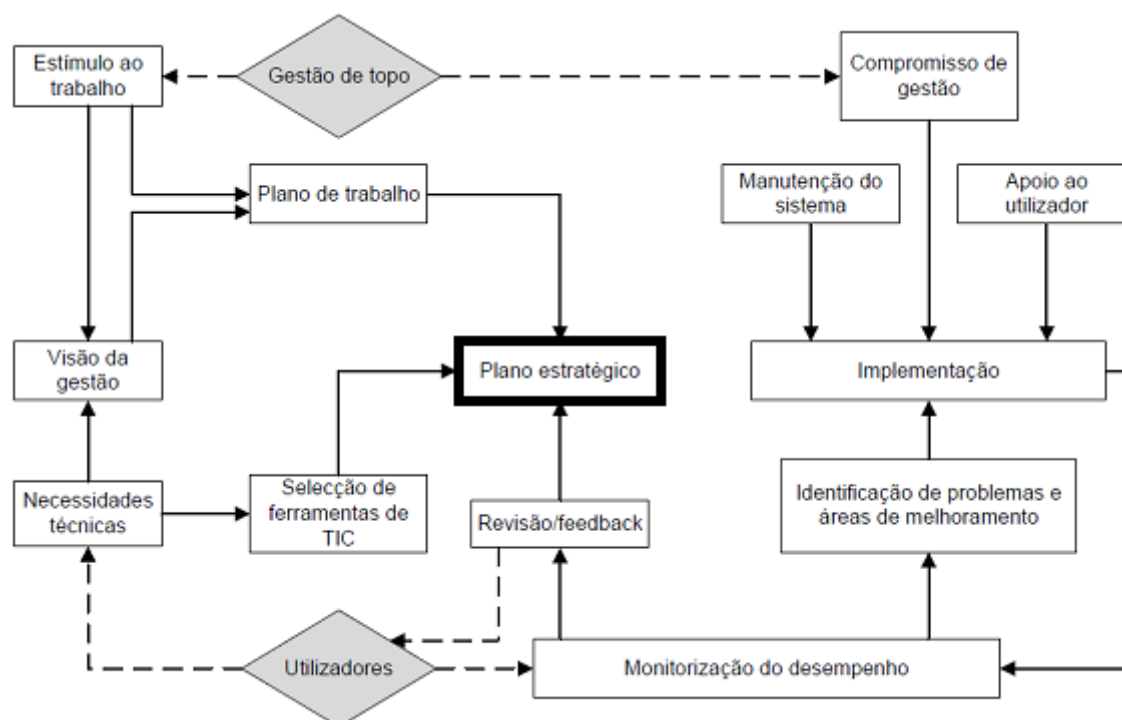


Fig. 21 - Passos para a implementação de TIC numa empresa de construção. Adaptado de (STEWART, R.A. [et al.], 2006)

4.5. PME E OS MODELOS DE INFORMAÇÃO BASEADOS NUM BIM

4.5.1. ASPECTOS GERAIS

Na opinião de uma grande parte dos profissionais da AEC, os BIM têm impactos muito positivos nos projectos grandes e complexos. Um sem-número de grandes projectos foram já realizados usando BIM de raiz. Entre outros, incluem-se edifícios emblemáticos como o Terminal 5 de Heathrow em Londres, a nova Estação Ferroviária de Munique, o Aeroporto de Berlim e as Piscinas Olímpicas em Pequim ("o Cubo").

Contudo, os mesmos profissionais têm dúvidas quando à rentabilidade desta tecnologia nos projectos de pequena dimensão. Esta reacção é completamente compreensível dada a forma como as TIC, em geral, têm sido encaradas (como já exposto nos subcapítulos anteriores).

O estudo destes casos será, talvez, mais interessante para avaliar a viabilidade desta tecnologia nos cenários mais frequentes que se colocam aos profissionais do sector da construção. Com este intuito,

foi elaborado, também, um caso de estudo que será apresentado no capítulo seguinte. Este pode ser encarado como um "caso piloto" em que a análise das potencialidades das novas tecnologias foi um dos objectivos do empreendimento. Naturalmente, perante este tipo de cenário, não se pode fazer uma aferição definitiva das vantagens decorrentes da utilização dos BIM, admitindo-se que nas experiências elaboradas podem ter sido feitas opções diferentes das habituais no processo construtivo.

A questão torna-se: Como uma empresa pode efectivamente decidir se os BIM são adequados para as suas necessidades específicas?

4.5.2. POTENCIALIDADES DOS BIM

Apesar da maioria das PME já ter incorporado o CAD como a sua principal ferramenta de trabalho, os projectos elaborados por estas ainda se resumem ao 2D deixando de usufruir de recursos de representação e apresentação final dos projectos e, sobretudo, perdendo a possibilidade de usufruir dos recursos extras oferecidos pela gestão da informação através dos que são actualmente conhecidos como Modelos de Informação para a Construção (BIM).

De acordo com o exposto anteriormente, é evidente a necessidade de um método que permita às PME atingir um grau de produtividade e desenvolvimento capaz de fazer com que estas sejam competitivas no actual mercado da indústria da construção.

A melhoria da produtividade pode passar pela introdução racional da mecanização, da industrialização e da prefabricação no dia-a-dia das empresas. Neste contexto pode afirmar-se que um modelo de informação baseado num BIM pode ser visto como um impulsor destas soluções dado que pode:

- Definir a organização para execução dos serviços, decidindo as permissões específicas a atribuir a cada um dos elementos;
- Tomar decisões antecipadas sobre as soluções adequadas para o empreendimento, assim como o seu custo final;
- Alocar recursos;
- Integrar e coordenar esforços e conhecimentos de todos os envolvidos, visto que os BIM podem ser utilizados como uma ferramenta colaborativa;
- Garantir que a comunicação entre os participantes da obra é feita de forma eficaz e sem ruídos (aspecto consumado pelo facto da comunicação nos BIM estar padronizada);
- Consciencializar todos os intervenientes sobre prazos, custos e qualidade referentes à obra;
- Criar bases de dados, composições e parâmetros de controlo e custo que podem ser usadas em futuros projectos;
- Definir directrizes para o projecto de uma forma simples e eficaz, dada a facilidade de elaborar as peças desenhadas com recurso a softwares BIM.

Um modelo de informação pode ser uma grande ajuda para uma empresa atingir as suas metas e afirmar-se no mercado. As pequenas empresas de construção civil podem desenvolver um plano de trabalho que vise não só os lucros, mas também a implementação correcta de um modelo de informação dinâmico que permita dinamizar as suas actividades dentro e fora da obra. Um modelo de informação deve ser implementado tendo em conta as necessidades da empresa, devendo estas desenvolver planos de investimento teste, capacitação e apoio técnico, para enquadrar estes sistemas dentro da sua realidade financeira.

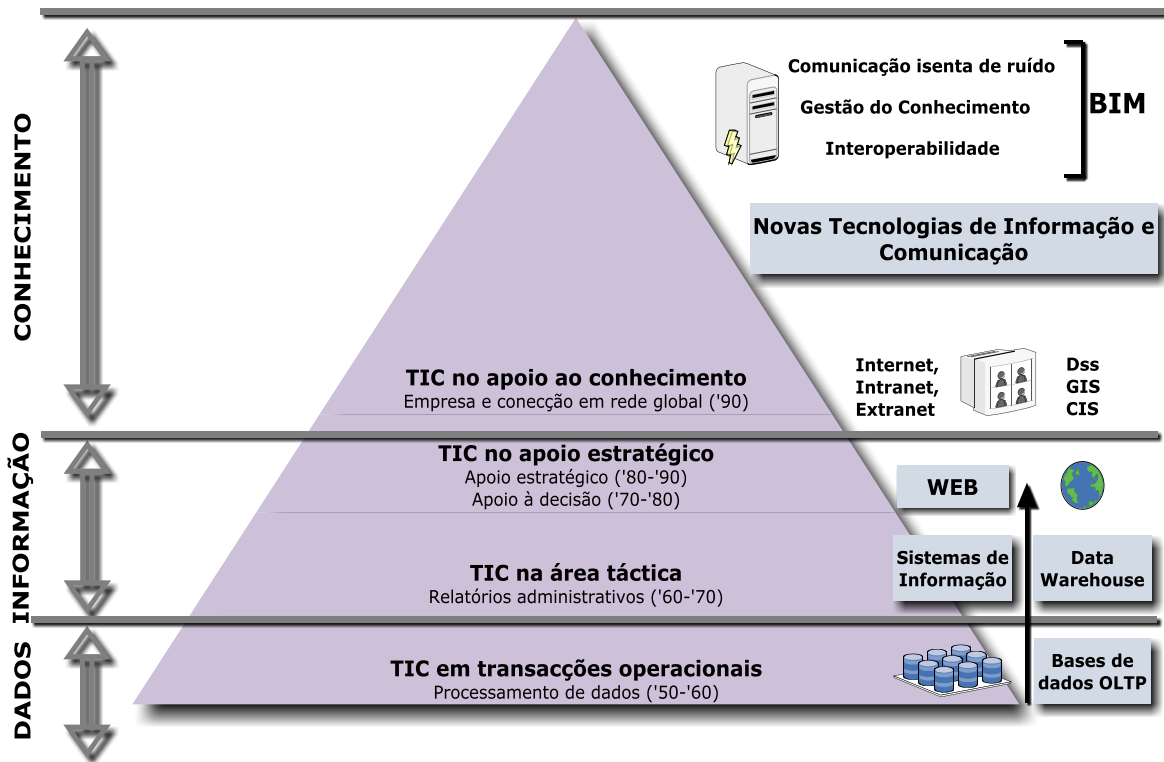


Fig. 22 - BIM no topo da evolução das TIC

5

CASO DE ESTUDO

5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na orientação seguida do trabalho fez-se uma aplicação a um caso real. Esta aplicação prática pretende testar a aplicabilidade de sistemas baseados em Modelos de Informação para a Construção (BIM) a uma empresa de pequena dimensão.

Recorrendo às noções teóricas sobre os BIM, adquiridas durante o desenvolvimento deste trabalho, e assimilando estas ao conhecimento prático da empresa em estudo sobre o processo de projecto, procurou-se obter resultados que conduzam a conclusões importantes que possam ser usadas no desenvolvimento e implementação deste tipo de tecnologia a futuras empresas de dimensão semelhante.

É de salientar que se optou por fazer um estudo onde são apresentados os impactos previsíveis e não os impactos concretos testados pela implementação da tecnologia durante algum tempo, como seria desejável.

Em todas as abordagens feitas salientam-se as possíveis limitações desta aplicação.

5.2. OBJECTIVOS DA REALIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

Este caso de estudo tem, como já referido, o objectivo de apresentar os impactos previsíveis dos sistemas BIM, na fase de projecto, numa pequena empresa localizado na cidade de Gaia, que usa o método de CAD denominado neste trabalho de "tradicional". Este método não utiliza a tecnologia BIM, permitindo apenas a representação de entidades gráficas, como linhas e pontos, e os elementos de construção desenhados não têm conexões explícitas entre si, nem tão poucas informações sobre os mesmos à excepção das suas dimensões. Por isso, estes sistemas também são usualmente denominados de sistemas de CAD 2D ou 3D, consoante representem em duas ou três dimensões os elementos da construção.

5.3. METODOLOGIA DE ANÁLISE

Numa primeira fase foi analisado, qualitativamente, o grau de difusão das tecnologias de informação dentro da empresa em estudo, passo importante para aferir a capacidade de integração de um sistema como o BIM.

Numa segunda fase foi feita a comparação entre um software CAD "tradicional" e um software BIM durante a elaboração de diferentes elementos do projecto. Isto permitiu prever as possíveis vantagens e

dificuldades da implementação de sistemas BIM em pequenas empresas como a estudada. Esta comparação foi feita tendo em conta as seguintes características do processo de projecto:

- **Produtividade:** quantidade de informação possível de criar num determinado período;
- **Gestão da informação do projecto:** integridade e disponibilidade nos processos de criação e modificação da informação;
- **Visualização da informação do projecto:** facilidade oferecida pelo sistema em proporcionar um entendimento correcto do projecto, a partir dos modos de visualização disponíveis;
- **Interoperabilidade:** possibilidade da transferência integral da informação entre os diversos sistemas utilizados durante o processo de projecto, dentro ou fora da empresa.

A partir destas características, entre outras, tais como os recursos exigidos e o preço dos softwares, foi possível identificar os impactos das diferentes tecnologias (no caso dos BIM, os impactos previsíveis) no processo de projecto da empresa em estudo.

5.4. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa que foi alvo do caso de estudo localiza-se em Gaia e já conta com 23 anos de serviço. É composta por 14 trabalhadores, distribuídos pelas seguintes funções:

- 2 Administradores;
- 1 Arquitecto;
- 2 Engenheiros Civis;
- 1 Secretário;
- 8 Técnicos.

A empresa em questão começou por fazer a manutenção de equipamentos de bens de consumo, em particular equipamentos de "frio". Mais tarde, a empresa decidiu apostar também na instalação de sistemas AVAC, serviço que hoje faz com regularidade. No presente, a empresa está voltada também para a realização de obras de manutenção e reabilitação de edifícios, tendo recentemente expandido o seu quadro operacional a fim de conseguir dar resposta a todos os serviços requeridos, embora recorra à sub-empregada na maioria dos casos. A empresa pretende, num futuro próximo, conseguir montar um gabinete com todas as especialidades de projecto e por isso também mostrou todo o interesse em colaborar na realização deste caso de estudo.

5.5. UTILIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

5.5.1. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA DIFUSÃO DAS TI

Pode afirmar-se que a empresa em estudo apresenta uma difusão relativamente elevada das tecnologias de informação (TI). Esta foi avaliada, em termos qualitativos, pelos seguintes critérios (todos eles com o mesmo peso):

- Conectividade da empresa (intranet e extranet);
- Automação dos processos de negócio (utilização da internet e ERP's);
- Compras na internet e integração da cadeia de fornecedores;

- Marketing e vendas, recorrendo às TI.

Nos subcapítulos seguintes serão expostas as principais tecnologias e meios usados pela empresa para criar, armazenar e partilhar informação.

5.5.2. SOFTWARES UTILIZADOS

Para a realização dos trabalhos da empresa são usados com regularidade os seguintes softwares:

- Arquimedes;
- AutoCAD;
- DWF Viewer;
- PhotoShop;
- IntelliCAD;
- MS Word;
- MS Excel;
- MS Access;
- MS Project;
- GesPos.

Tabela 6 - Softwares e a sua utilização na empresa

Software	Desenvolvedor	Utilizadores	Frequência de utilização
Arquimedes	CYPE	Engenheiro Civil	Elevada
AutoCAD	AutoDesk	Arquitecto	Elevada
DWF Viewer	AutoDesk	Engenheiro Civil	Média
PhotoShop	Adobe	Arquitecto	Média
IntelliCAD	IntelliCAD TC	Engenheiro Civil	Média
Word	Microsoft	Todos	Elevada
Excel	Microsoft	Todos	Elevada
Acess	Microsoft	Todos	Média
Project	Microsoft	Engenheiro Civil	Baixa
GesPos	Sage	Técnico Financeiro	Elevada

Todos os computadores da empresa utilizam o Sistema Operativo Microsoft Windows XP (SP3), à excepção do servidor de rede local que utiliza o Linux.

É de salientar que foi feito um esforço na empresa para que os trabalhadores menos qualificados e com algumas dificuldades em utilizar as TI usassem estas mesmas tecnologias. Para isso, foi desenvolvido um programa em Microsoft Access que simula o interface gráfico utilizado nas folhas de papel que os

trabalhadores menos qualificados utilizam para registar e partilhar informações dentro da empresa. Esta solução encontrada para a integração das TI nas práticas habituais dos trabalhadores tem dado, para já, muito bons resultados.

5.5.3. MEIOS PARA TROCA DE INFORMAÇÃO

De seguida referem-se os principais meios para a troca de informações dentro da empresa em estudo:

- E-mail (MS Outlook);
- Fax;
- Telefone;
- Rede local (Intranet);
- Reuniões.

Das ferramentas utilizadas a empresa destaca o e-mail e o telefone como os meios mais utilizados na troca de informações com entidades exteriores à empresa, como os fornecedores ou clientes. Para a troca de informações a nível interno, a rede local e o Fax são os mais utilizados.

5.6. PROCESSO DE PROJECTO DA EMPRESA

5.6.1. FASES DO PROCESSO

Segundo a empresa cada projecto é único e irrepitível sendo por isso difícil estabelecer um processo de trabalho padrão. Existem vários instrumentos disponíveis para a elaboração de projectos sendo que a empresa aposta na inserção constante desses mesmos instrumentos tanto os tradicionais, como o papel e maquete, até aos meios mais tecnologicamente evoluídos como os programas CAD, para a concretização dos mesmos. A empresa acredita que todos os instrumentos são realmente necessários, independentemente da sua evolução tecnológica, devendo estar disponíveis a todo o momento para o estudo e elaboração de todos os projectos com a melhor qualidade possível.

Apesar da especificidade de cada projecto existem procedimentos que são transversais a todos os projectos, tais como:

- **Aferição programática** - reunião, formal ou informal, do projectista com o promotor com vista a definir o programa do projecto e vontades implícitas;
- **Conhecimento rigoroso e exaustivo do local de intervenção** - levantamento topográfico, fotográfico, geomorfológico, etc;
- **Utilização de todos os instrumentos disponíveis no gabinete de arquitectura** - o objectivo é conseguir a melhor elaboração do produto conceptual pretendido pelo promotor;
- **Estudo prévio** - primeira fase de materialização do projecto onde são testados os requisitos programáticos do promotor e se consolidam considerações sobre a análise do local de intervenção;
- **Ante projecto** - continuação do trabalho e da análise feita no estudo prévio numa escala mais aprofundada, logo mais rigorosa e concreta, onde continuam a ser tiradas ilações sobre a abordagem previamente elaborada e outras possíveis, em constantes e saudáveis recuos e avanços intelectuais;

- **Projecto de licenciamento** - nesta fase é apresentado o projecto com o maior rigor possível às entidades licenciadoras, respeitando os termos dos regimes de licenciamento, podendo haver alterações decorrentes da análise feita por estas entidades;
- **Projecto de execução** - nesta fase é feita a materialização das soluções adoptadas a partir dos estudos anteriores, destinando-se a facultar todos os elementos necessários à boa definição dos trabalhos a executar;
- **Elaboração de desenhos de execução complementares** - desenhos elaborados (se necessário) com vista a resolver eventuais problemas no decurso da execução da obra.

5.6.2. USO DO SISTEMA CAD "TRADICIONAL" NO PROCESSO

O uso do sistema CAD por parte do arquitecto da empresa não se cinge a uma fase específica. Este entende que, dependendo das particularidades de cada projecto, o CAD, entendido como ferramenta de trabalho, pode ter um uso mais ou menos abrangente.

No que concerne ao uso do CAD em particular, este é utilizado pelo arquitecto para realizar apresentações formais (documentos) como o projecto de licenciamento e todos os que o precedem.

O software utilizado é o AutoCAD 2008 e as suas potencialidades 2D e 3D são utilizadas, em grande parte, na generalidade dos projectos. Antes de utilizar o sistema CAD "tradicional", a empresa utilizava o estirador para elaborar todos os projectos. Após a implementação do CAD, a empresa reduziu a sua estrutura organizacional, composta por vários desenhadores, passando apenas a existir um arquitecto a realizar todos os projectos de arquitectura. O arquitecto está satisfeito com o nível de produtividade mas, no entanto, afirma que não poria restrições à introdução de novas ferramentas, caso elas proporcionassem uma melhoria significativa no processo de projecto.

5.7. COMPARAÇÃO DO SISTEMA CAD "TRADICIONAL" COM O SISTEMA BIM

5.7.1. ASPECTOS GERAIS

Após a análise do processo de projecto da empresa em estudo e do uso do CAD "tradicional" na elaboração deste, foi feita uma comparação do referido sistema com um sistema BIM - Revit Architecture 2009. Esta comparação consistiu em representar diferentes elementos de um projecto fictício, recorrendo aos dois softwares em paralelo. Foram analisadas, de uma forma qualitativa, as características do processo de projecto já referidas em 5.3., entre outras entendidas como relevantes.

5.7.2. PRODUTIVIDADE

A produtividade é medida usualmente pelo quociente entre o valor bruto da produção e o número de horas de trabalho, sendo este o sentido com que foi entendida neste trabalho.

Antes de comparar o sistema CAD com o BIM, foi feita uma análise ao método usado anteriormente - o estirador. O arquitecto da empresa revela que não deixou de usar o estirador mas que o sistema CAD contribuiu muito para o aumento da velocidade de desenho de projecto e para elevar a qualidade deste, sobretudo devido à padronização dos processos.

No que diz respeito à comparação com o software BIM, constatou-se que as principais vantagens deste foram:

- Criação de cortes e alçados de uma forma automática, enquanto no CAD "tradicional" tinham que ser elaborados desde raiz na sua totalidade;
- Facilidade nas modificações de projecto, visto que o software BIM faz a interligação de todos os elementos de projecto de uma forma automática; Assim, ao modificar qualquer elemento do projecto, todos os elementos associados a este eram alterados de uma forma automática, diminuindo significativamente a possibilidade de ocorrerem erros.

Estas vantagens, entre outras, permitem uma redução significativa do tempo dedicado a elaborar o projecto. Isto faz com que o incremento da produtividade seja bastante acentuado e consequentemente a qualidade do projecto também aumenta.

Nesta análise dos dois softwares constatou-se que o sistema BIM requeria algum tempo para a modelação paramétrica dos objectos, coisa que o sistema CAD não fazia. No entanto, o tempo dispendido para a modelação não é comparável com o tempo dispendido para elaborar cortes e alçados, ficando o software BIM a ganhar em termos de produtividade.

5.7.3. GESTÃO DA INFORMAÇÃO DO PROJECTO

No sistema CAD, o arquitecto representa as informações através de desenhos técnicos com pouca ou nenhuma conexão entre si. Assim sendo, para uma leitura da totalidade da informação do projecto, foi necessária uma gestão manual dos distintos desenhos, que estavam em arquivos separados ou em locais diferentes da plataforma de desenho. Isto requer constantes trocas das informações de um local para outro, o que requer tempo, pode comprometer a qualidade da informação e dificulta o controlo das diferentes versões do projecto.

No sistema BIM, foi possível criar um modelo que centraliza todas as informações, podendo ser intitulado de "modelo único". A figura seguinte demonstra esse mesmo modelo (Fig. 23).

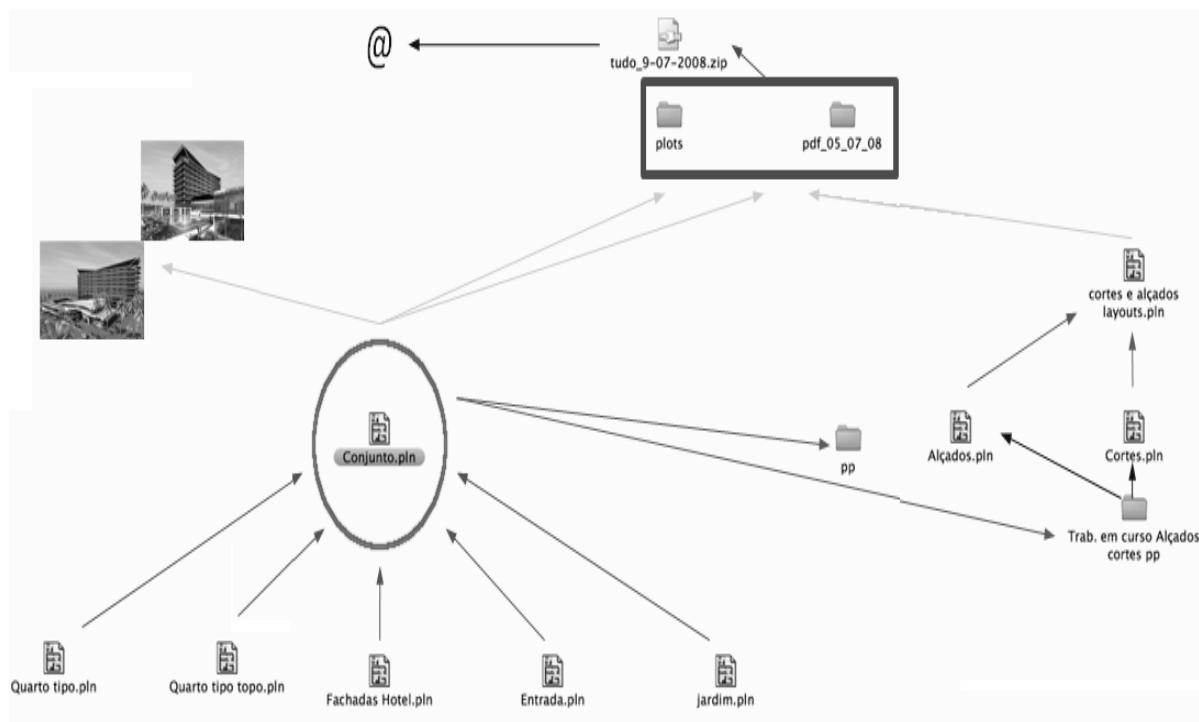


Fig. 23 - Exemplo da centralização das informações - "modelo único"

Todos os parâmetros do ciclo de vida de determinado elemento de construção que se pretendam introduzir são uma mais-valia no que toca à informação disponível sobre estes no final do projecto. Associando aos elementos um parâmetro como o custo é possível obter no final do processo de projecto um orçamento sem necessidade de recorrer a medições. No sistema CAD, são elaborados os desenhos e só depois é feita a medição o que implica uma perda de tempo considerável e a possível repetição de medições, ou seja, erros.

O estudo também revelou que o uso do sistema BIM pode ajudar a eliminar muita informação desnecessária introduzida, inconvenientemente, pelos programas de CAD, o que por vezes pode conduzir a erros em obra e dificultar a visualização do realmente pertinente.

Foi levantado um problema no que toca à parametrização dos objectos no sistema BIM que está relacionado com o facto das informações sobre os diversos componentes variarem conforme a fase do projecto, conduzindo à necessidade de elaborar versões diferentes do mesmo objecto e aumentando, portanto, o esforço nesta fase inicial do processo. O ideal seria ter várias versões de desenho diferentes do mesmo objecto, um com todas as informações e detalhes e outras mais simplificadas.

Outro ponto analisado diz respeito à contribuição dos fornecedores em termos de informação nestes novos padrões de modelação. Era fundamental que os fabricantes desenvolvessem os componentes de acordo com as necessidades identificadas para a tecnologia BIM, tornando-a assim mais competitiva.

5.7.4. VISUALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO DO PROJECTO

O sistema CAD é utilizado na empresa estudada, tanto para elaborar desenhos bidimensionais como tridimensionais. No entanto, esses desenhos têm pouca ou nenhuma correspondência automática, exigindo ao arquitecto maior tempo para alterações e actualizações do projecto. De facto, como observado na utilização de três viewports, os desenhos eram completamente independentes entre si, apesar de se referirem à mesma informação (corte, planta e perspectiva).

No sistema BIM, aquando da elaboração da planta, utilizam-se elementos que posteriormente são visualizados tridimensionalmente. Para cada visualização, a informação é apenas reorganizada e apresentada de uma maneira diferente, ao contrário do sistema CAD onde estas têm de ser recriadas. Além disso, modificações realizadas numa determinada vista geram actualizações automáticas nas outras. Esta facilidade de visualização dos projectos é uma das grandes vantagens do sistema BIM face ao CAD "tradicional", permitindo poupar tempo que pode ser utilizado para criar mais pormenores construtivos com relativa facilidade, o que ajudaria muito na fase de execução.

No CAD "tradicional", o processo de criar um *render* baseia-se na exportação de uma vista (*hidden-line*) para a posterior aplicação de um tratamento de imagem e renderização, onde o arquitecto aplica as cores, os materiais e acabamentos através de *plug-in's* bastante complicados e alguns truques gráficos. Constatou-se que esta técnica constitui um processo algo complexo e dispendioso que limita o número de renderizações que o arquitecto pode produzir durante todo o processo de projecto. O uso do software BIM permitiu isso mesmo, a produção de imagens renderizadas com opções realísticas de cor e luminosidade, desde o início da elaboração do projecto fictício.

5.7.5. INTEROPERABILIDADE

Com a utilização do sistema CAD, o arquitecto da empresa estudada garante que as informações criadas são facilmente transferidas entre ele e os seus parceiros das especialidades, uma vez que grande parte das empresas envolvidas no processo de projecto utiliza o mesmo sistema CAD. Por esse

motivo, não foram citados problemas relacionados com a fiabilidade dos dados partilhados. O único problema referido está relacionado com a compatibilidade entre os formatos criados por diferentes versões do mesmo software. Os ficheiros criados em versões mais actuais do software não são compatíveis com versões anteriores do mesmo software. No entanto, considera-se que este é um problema comum à generalidade dos softwares e pode ser facilmente contornado.

No que concerne aos sistemas BIM, não foi possível fazer uma avaliação efectiva desta característica. Mesmo assim, recorrendo a casos de estudo já elaborados e à bibliografia consultada, o aspecto da interoperabilidade é apontado como o ponto forte destes sistemas, visto que pode permitir que os diversos projectos de especialidade sejam trabalhados num único ficheiro, comum a todos, quando estes trabalham com diferentes softwares. Assim, é possível pesquisar incompatibilidades entre os diversos projectos de especialidade automaticamente e efectuar verificações da sua conformidade com os regulamentos aplicáveis, sem haver a obrigatoriedade de todos trabalharem com o mesmo software. No entanto, existem muitos profissionais insatisfeitos com o facto de se perder muita informação quando esta conversão de ficheiros para um software diferente é feita.

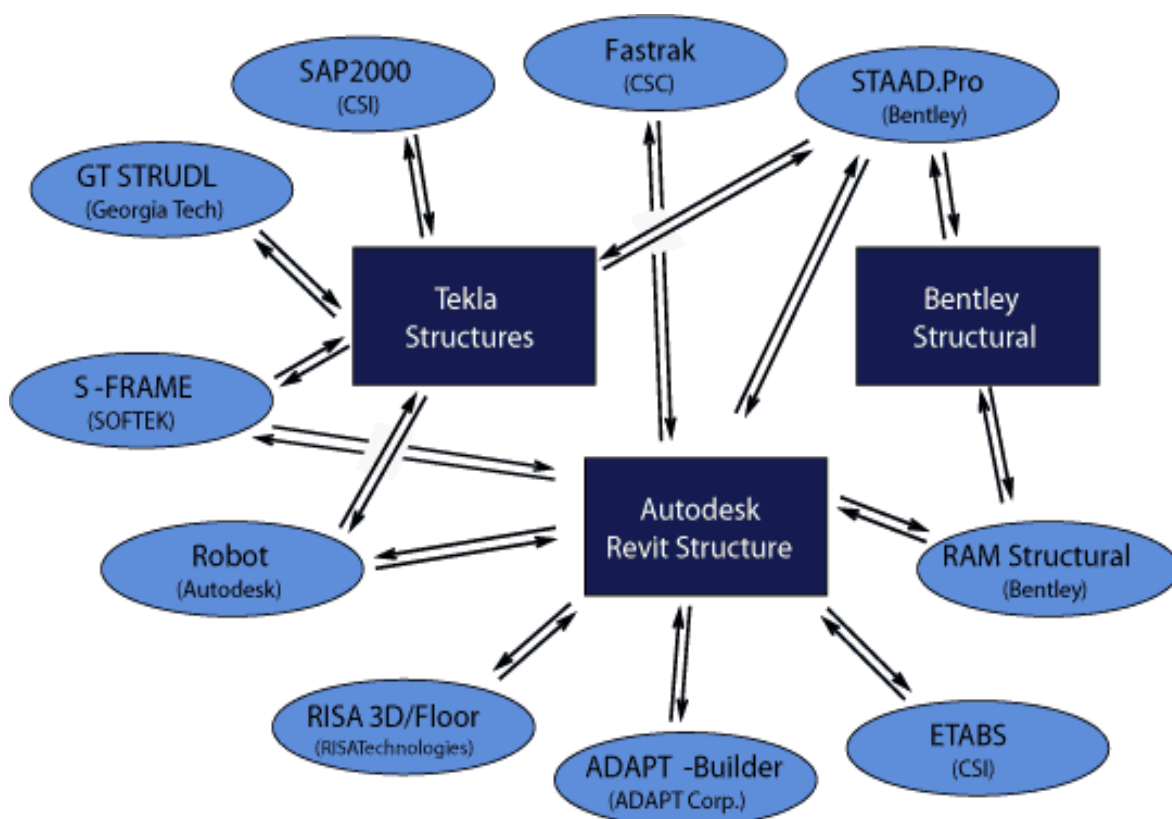


Fig. 24 - Necessidade de troca de informações entre diferentes softwares e a interoperabilidade

Neste sentido, está a ser desenvolvido há vários anos pela IAI, através do modelo IFC, um enorme esforço para conseguir a interoperabilidade entre os diferentes softwares BIM. Este trabalho está a ser desenvolvido por várias empresas, no entanto, é preciso muito tempo para se conseguir a interoperabilidade total, que muitos acreditam que será impossível de atingir. No estudo feito foi possível comprovar que existe perda de informação até quando o mesmo software exporta um ficheiro para o formato IFC e volta a abrir esse mesmo ficheiro.

5.7.6. RECURSOS EXIGIDOS PELOS SOFTWARES

Os dois computadores utilizados para fazer esta comparação dispunham de recursos praticamente equivalentes. Pode afirmar-se que são computadores relativamente actualizados, tanto em hardware como em software, dentro do contexto actual (2010) do mercado.

Ao serem elaborados os projectos fictícios para o teste, constatou-se que o computador que trabalhava com o software CAD tinha facilidade em executar todos os processos relacionados com o fluxo de trabalho. Por vezes havia uma ligeira "lentidão" relacionada com a visualização dos *render* do projecto, uma vez que este processo é muito mais exigente em termos de recursos que os restantes.



Fig. 25 - Exemplo de um render elaborado com o software CAD

Para o mesmo projecto elaborado com o software BIM o cenário não foi muito diferente. Os recursos exigidos por este sistema não são muito maiores aquando da elaboração de pequenos projectos. No entanto, após a consulta de outros casos de estudo, quando o projecto assume grandes dimensões os recursos exigidos pelos softwares BIM são um verdadeiro desafio para o hardware. É necessário ter uma máquina muito bem equipada, sobretudo no que diz respeito à potência da placa gráfica, para conseguir realizar as tarefas inerentes à elaboração de projectos desta dimensão.

No que concerne ao tamanho dos ficheiros criados, para o mesmo projecto, ficou claro que o software BIM tinha um tamanho bastante superior ao ficheiro criado pelo software CAD (cerca de três vezes mais). A quantidade de informação contida nos ficheiros e o aspecto gráfico final justifica, aparentemente, esta diferença.

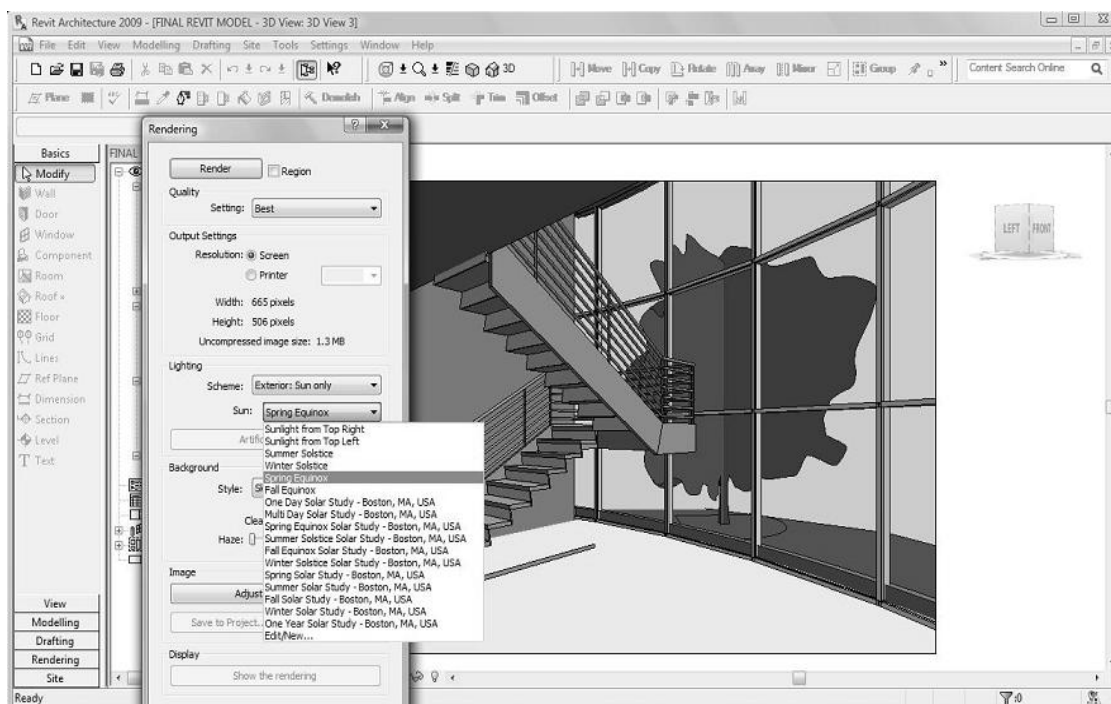


Fig. 26 - Processo de elaboração de um render com o software BIM

5.7.7. CUSTOS ASSOCIADOS AOS SOFTWARES

Neste campo não foi analisado o custo das versões dos softwares usados para a realização do caso de estudo mas sim o custo das versões mais actuais existentes.

Após elaboração de uma pesquisa, foram apurados os seguintes preços aproximados:

- Software CAD + Licença anual: 6.500€+IVA;
- Software BIM + Licença anual: 7.500€+IVA.

Analisando os preços dos diferentes softwares pode parecer que estes são bastante próximos mas na realidade o cenário pode ser bem diferente.

O arquitecto da empresa em estudo usa uma versão *light* do software CAD para realizar a sua especialidade, assim como os parceiros que elaboram as restantes especialidades no mesmo software, apresentando esta versão um custo aproximado de 1.800€+IVA (software + licença anual). O arquitecto e os seus parceiros afirmam que esta versão é suficiente para cobrir todos os requisitos dos projectos que elaboram.

No que diz respeito ao software BIM, para este ser integrado numa empresa que elabore todas as especialidades de projecto, o valor total ascende aos 30.000€+IVA. Isto deve-se ao facto de ser necessário adquirir três softwares diferentes (mais licenças anuais) para conseguir satisfazer da melhor forma os requisitos do projecto nas diferentes especialidades. Contrariamente a isto, um único software CAD é o suficiente para realizar os projectos de todas as especialidades, demonstrando este sistema um carácter mais generalista.

Esta diferença acentuada de preços entre os diferentes softwares pode revelar-se um grande entrave na implementação de um sistema BIM, sobretudo em empresas de pequena dimensão. No entanto, segundo várias fontes consultadas, é preciso ter em conta que estes preços podem ser rentabilizados só pelo facto dos softwares BIM aumentarem a produtividade em larga escala.

5.7.8. DIFERENÇAS NO PROCESSO DE PROJECTO

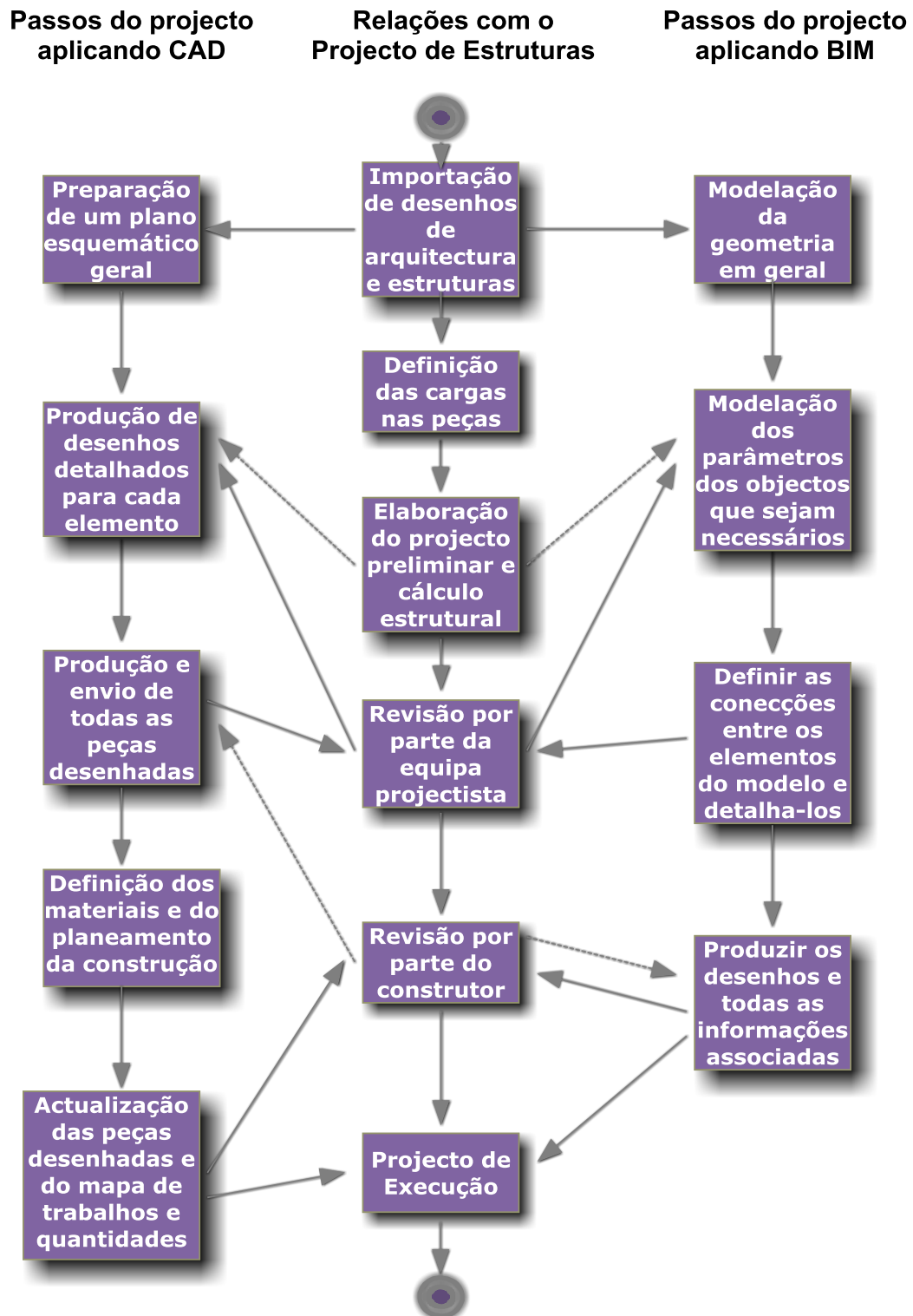


Fig. 27 - Diferenças entre o CAD e os BIM no processo de projecto

5.8. VANTAGENS E DIFICULDADES PREVISÍVEIS DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA BIM

A implementação de um software BIM numa pequena empresa como a estudada tem de ser bem equacionada. São vários os factores detectados a concorrer para o possível fracasso na implementação deste tipo de software:

- **Preço mais elevado do software e hardware:** os softwares de BIM são mais caros do que os softwares de CAD; Para CAD a oferta é imensa, sendo que para BIM existem poucas ofertas; O hardware é também mais caro, visto que estes softwares são mais complexos e os computadores que os utilizam terão especificações necessariamente mais caras;
- **Falta de pessoal especializado, de oferta formativa e curva de aprendizagem longa:** este é um dos factores que mais pesa na implementação deste tipo de software, visto que uma pequena empresa tem de investir fortemente na formação de colaboradores. Os importadores deste tipo de software não dispõem de pessoal com conhecimentos técnicos suficientes para dar apoio à implementação deste software. Normalmente trata-se de comerciais que desconhecem as necessidades específicas dos arquitectos, engenheiros e desenhadores;
- **Tempo de implementação:** estes softwares já trazem pré-definidos um conjunto de elementos que podemos utilizar, como por exemplo paredes de vários tipos, mas devido a questões como diferentes métodos construtivos, a biblioteca de elementos tem de ser construída de raiz dentro da empresa, o que requer tempo;
- **Pouca interdisciplinaridade dos gabinetes:** a maioria das pequenas empresas é composta apenas por técnicos de uma área; Poucos gabinetes de arquitectura, por exemplo, fazem cálculo de estabilidade ou outras especialidades; Para que se possa tirar o maior partido possível deste tipo de software, a situação ideal passa por ter todos os intervenientes no processo de construção a utilizar o mesmo software.

Apesar de todos estes aspectos a pesar na implementação de um software BIM, as suas vantagens são imensas:

- **Menor índice de erros e omissões nos projectos:** visto que se cria um modelo virtual do edifício, as incompatibilidades das diferentes especialidades são imediatamente detectadas. Os elementos de desenho correspondem aos elementos de construção e tudo nesses elementos está definido à partida (materiais, acabamentos, etc.);
- **Tempo de produção mais curto:** os desenhos são extraordinariamente rápidos de executar (cortes e alçados automáticos, modelo 3D), as alterações passam a ser um processo simples (altera-se o modelo e os desenhos são automaticamente alterados, pois dependem desse modelo) e existe um menor índice de erros e omissões, logo menor número de revisões de desenhos;
- **Maior vantagem económica:** menos erros, menor tempo de produção;
- **Fiabilidade dos desenhos:** os desenhos são fiáveis em todo o processo de construção, pois as alterações em obra podem ir sendo aplicadas ao modelo e no final o nosso modelo virtual representa fielmente o construído;
- **Utilização do modelo para projectos futuros:** depois do edifício construído, o modelo poderá ser utilizado na gestão corrente do edifício e em formas de melhorar o seu desempenho.

Para melhor expressar os pontos foi feita a análise SWOT que se apresenta de seguida (Tabela 7):

Tabela 7 - Caso de estudo: Análise SWOT

STRENGTHS	WEAKNESSES
<ul style="list-style-type: none"> ● Diminuição dos erros de projecto (maior qualidade) ● Redução do volume de trabalho ● Antecipação de decisões de projecto ● Diminuição do prazo de entrega do projecto ● Facilidade em fazer modificações no projecto ● Visualização 3D facilitada permite criar um maior número de detalhes ● Disponibilidade dos dados introduzidos para serem utilizados por aplicações informáticas a jusante (custos, quantidades, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Programadores especializados são difíceis de encontrar e a sua formação tem um custo elevado ● Custo elevado dos softwares requer um grande investimento inicial (pelo menos para pequenas empresas) ● Incompatibilidade com os parceiros de projecto que não usam o sistema ● Os softwares requerem hardwares muito potentes ● Tamanho dos arquivos criados
OPPORTUNITIES	THREATS
<ul style="list-style-type: none"> ● Aumento da produtividade das empresas ● Reforço da competitividade dos serviços de engenharia através da redução do prazo de entrega dos projectos e da eliminação virtual dos erros habituais de desenho e projecto ● Fornecimento de novos serviços para os donos-de-obra e empreiteiros (exemplos: rápida previsão de custos e quantidades; dados para a monitorização, gestão da produção e montagem) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Resistência à mudança dos processos de trabalho habitual ● A implementação do sistema requer o tempo das empresas que por vezes não existe ● Dependência de um pequeno número de trabalhadores especializados em BIM ● Membros da empresa que não se consigam adaptar podem sentir-se ameaçados ● Os desenhos não podem ser produzidos de uma maneira completamente automática: a edição "manual" continua a ser necessária ● Incapacidade de uma empresa em manter-se lucrativa se todas utilizarem os BIM

5.9. CONCLUSÕES

Com a realização deste caso de estudo não se pode fazer uma aferição definitiva das vantagens e dificuldades decorrentes da utilização dos BIM, pois nem todas as conclusões são generalizáveis. No entanto, podem retirar-se conclusões importantes no que diz respeito à utilização e possível aplicação deste tipo de sistemas.

Após a análise efectuada no subcapítulo anterior, importa agora referir que qualquer empresa que pretenda adoptar um sistema BIM tem que avaliar bem as suas necessidades e perspectivas de futuro. Só fazendo esta análise interna se consegue escolher a tecnologia adequada, retirando o máximo proveito das suas potencialidades e evitando assim gastos desnecessários. Entre outros factores, as pequenas empresas devem ter especial atenção sobretudo aos seguintes factores de decisão:

- **Preço dos softwares:** é importante fazer um estudo do mercado dos softwares e fazer a escolha deste tendo em conta as necessidades actuais e futuras da empresa; Sempre que possível deve optar-se por softwares livres, se ficar claro que este pode colmatar as necessidades dos trabalhadores ou de algum trabalho em específico; Um bom exemplo são os visualizadores de ficheiros produzidos num software BIM que, embora não permitam a edição dos ficheiros, são, em grande parte, gratuitos e podem ser suficientes para um determinado trabalhador da empresa;
- **Aplicabilidade dos softwares às práticas da empresa:** por exemplo, não é necessário uma empresa adquirir um módulo de um determinado software que permita o cálculo estrutural se a mesma não elabora projectos de estruturas; Cada interveniente deve evidenciar claramente as suas práticas para se poder fazer a melhor selecção;
- **Tempo de adaptação e formação do pessoal:** é necessário que a empresa tenha a clara noção que as dificuldades decorrentes da aplicação destes sistemas devem ser ultrapassadas, quer investindo na formação e adaptação dos trabalhadores, quer incentivando o seu uso por parte dos seus colaboradores; Para ultrapassar estas dificuldades é necessário existir uma fase de adaptação, o que implica despende tempo que muitas empresas não têm ou não podem despende; Contudo, esta perda de tempo não deve ser entendida como um entrave mas sim como um investimento no futuro, pois a correcta implementação deste tipo de sistema pode trazer vantagens competitivas e, conseqüentemente, um aumento de produtividade.

É também desejável que a transição para este tipo de sistema se processe de uma forma suave, tentando integrar todas as práticas de trabalho habituais nos sistemas referidos. Para isso, devem ser desenvolvidos esforços para que nenhum dos trabalhadores se sinta pressionado a aprender, pois isso só contribuiria para que todo o processo de implementação se desenrolasse de uma forma menos correcta, aumentando a probabilidade de insucesso.

Uma solução para as pequenas empresas passa pela possibilidade de criarem redes de cooperação entre concorrentes, podendo assim distribuir os custos de formação e outros que estão associados à implementação deste tipo de software.

Os sistemas BIM apresentam-se como uma tecnologia de tal forma promissora que foi também uma experiência muito proveitosa para o escritório em questão, visto que foi detectada uma grande parte dos possíveis entraves e recompensas decorrentes da implementação deste tipo de sistema no seu processo de trabalho.

6

CONCLUSÕES

6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como principal objectivo analisar como os BIM podem ser aplicados a empreendimentos de pequena dimensão realizados por PME, tentando demonstrar as vantagens e evidenciar os entraves aquando da sua aplicação. Para além de se tentar evidenciar o anteriormente mencionado, houve a intenção de, em cada capítulo, realçar e dar resposta a outras questões relacionadas com os BIM.

O estudo realizado no capítulo 2 permitiu identificar sintomas de deficiente gestão da informação na indústria da construção. Foi ainda possível apontar algumas causas da baixa produtividade da indústria da construção, quando comparada com outras actividades económicas, evidenciando possíveis oportunidades decorrentes da utilização das TI no sentido de ajudar a resolver este problema.

Os modelos de informação foram apontados como tecnologias que podem contribuir para a resolução de algumas das deficiências identificadas e dos problemas que delas decorrem. Para isto acontecer a curto prazo, concluiu-se que é fundamental perceber que modelos de informação completos devem ser complementados com modelos parciais. Estes últimos dão uma melhor resposta a problemas específicos dos utilizadores, devendo ser ligados a outros modelos com o objectivo de melhorar a interoperabilidade entre sistemas e a comunicação entre as diferentes entidades envolvidas no processo construtivo.

Foram evidenciadas as vantagens e oportunidades gerais dos BIM, assim como as dificuldades destes em se conseguirem impor no sector da construção. A diminuição dos erros, melhoria da comunicação entre os intervenientes e o aumento da produtividade são factores que merecem especial destaque no que toca ao primeiro ponto. A resistência à mudança das práticas, o custo dos softwares e a dificuldade em dar formação aos trabalhadores foram as principais razões identificadas para justificar a dificuldade existente na implementação deste tipo de tecnologia.

Foi também abordada a importância do modelo IFC na gestão da informação e os esforços que estão a ser feitos nesse sentido. Ficou bem claro que este modelo é um grande auxílio no que diz respeito à troca de informação eficaz entre os diferentes profissionais da indústria da construção, visto que promove a padronização da informação e, conseqüentemente, a interoperabilidade entre softwares.

No capítulo 3 ficou demonstrado que uma parte significativa do desperdício existente no sector da construção decorre de fluxos de informação disfuncionais entre os intervenientes do processo construtivo. Tentou-se evidenciar o papel dos diferentes intervenientes no processo construtivo na dinamização de um sistema BIM e concluiu-se que os projectistas e os donos de obra são as entidades

com maior responsabilidade neste sentido, derivado da sua maior importância relativa no que toca a influenciar o custo final dos empreendimentos e da influência directa que estes têm no sistema.

Também foi verificado que algumas entidades exteriores ao processo construtivo, tais como as instituições de ensino e o Estado, têm bastante influência na possível adopção generalizada deste tipo de sistemas. As instituições de ensino porque têm grande influência na introdução destes conceitos e, posteriormente, do próprio sistema no programa de ensino. O Estado, como criador de grande parte da legislação, pode privilegiar a adopção deste tipo de sistemas, em especial nas obras públicas. No entanto, ficou claro que estes esforços ainda não estão, em grande medida, a ser feitos, o que prejudica a disseminação dos sistemas BIM.

No capítulo 4 foram definidas as PME e evidenciados os aspectos relacionados com as TIC aplicadas a estas empresas. De uma maneira geral, foi possível concluir que os problemas relacionados com a difusão das TIC nas PME estão relacionados, sobretudo, com a falta de recursos e competências, com a resistência à mudança e com a inadequada adopção das soluções TIC disponíveis.

Por outro lado, foi evidenciado que as PME têm algumas vantagens competitivas na integração das TIC quando comparadas com as grandes empresas. O facto deste tipo de empresas ter um número reduzido de trabalhadores, tarefas muito específicas e experiência na cooperação com outras empresas permite concluir que, apesar de tudo, estes são pontos que favorecem a integração das TIC nas PME.

Sendo os BIM uma TIC, grande parte das conclusões retiradas sobre a aplicação destas tecnologias às PME são adequadas a estes.

No capítulo 5, com a elaboração do caso de estudo em que os BIM foram aplicados a uma empresa de pequena dimensão, foi possível validar as hipóteses levantadas durante os capítulos anteriores.

Para as empresas com a dimensão da estudada foi possível concluir que o facto de escolher o sistema BIM adequado às necessidades da empresa tem extrema importância. Dado o preço deste tipo de sistemas, uma má escolha dos softwares adequados às empresas pode comprometer a sobrevivência desta. Sempre que possível deve optar-se por softwares livres (como os que foram identificados neste trabalho) se ficar claro que estes podem colmatar as necessidades dos trabalhadores ou de algum trabalho específico. Para isso, é de todo necessário que sejam bem estudados os softwares a adquirir de acordo com as necessidades. Apesar de tudo, o preço dos softwares BIM, assim como o tempo gasto na implementação deste tipo de tecnologia, não pode ser encarado como uma restrição à adopção deste tipo de tecnologia mas sim como uma oportunidade. A correcta implementação dos BIM pode trazer vantagens competitivas e, conseqüentemente, um aumento de produtividade.

Analisando o Código de Contratos Públicos, os BIM podem ser uma solução válida para a resolução dos problemas relacionados com a falta de tempo e com os erros de projecto, pois este tipo de problemas pode por em risco algumas empresas com pouco capital.

Concluiu-se que os riscos decorrentes da introdução dos BIM nas PME são maiores que nas empresas de grande dimensão, pois nestas últimas um investimento deste género falhado não ditará o fim da empresa, ao contrário do que pode acontecer com as primeiras.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Após a conclusão deste trabalho entende-se haver espaço para a realização de outros estudos complementares no sentido de completar o trabalho desenvolvido, tais como:

- Desenvolver um caso de estudo, com resultados quantitativos, que acompanhe todo o processo de construção de um empreendimento recorrendo a um sistema BIM;
- Elaborar testes de comparação entre vários softwares BIM comerciais e livres;
- Analisar de um modo mais profundo as particularidades do sector da construção que dificultam a difusão dos BIM, apontando soluções práticas (comprovadas por experimentação) que resolvam o problema;
- Elaborar um estudo onde seja evidenciada a importância dos BIM no processo de concurso a nível das obras públicas, esclarecendo as particularidades deste ramo.

BIBLIOGRAFIA

- AMORIM FARIA, José - Sebenta de Gestão de Obras e Segurança. 6. Porto: 2008.
- ANDRADE, Max; RUSCHEL, Regina - Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitectura por meio do formato IFC. Gestão & Tecnologia de Projetos [ISSN 19811543], 2009.
- ARBIC, Sean - Building Intelligent Models for better information management
- AUTODESK - The five fallacies of BIM 2008. Disponível em WWW: <www.autodesk.com/bim>.
- BAGANHA, Maria Ioannis; MARQUES, José Carlos; GÓIS, Pedro - O Sector da Construção Civil e Obras Públicas em Portugal: 1990-2000 2001.
- BRAGA, Ascensão - A gestão da informação. Guarda: Instituto politécnico de Viseu, 1996. Disponível em WWW: <http://www.ipv.pt/millennium/19_arq1.htm>.
- CAUTELA, A.; POLIONI, F. - Sistemas de informação. 1982.
- COELHO, Sérgio; NOVAES, Celso - Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil 2009.
- CRESPO, Cláudia; RUSCHEL, Regina - Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto 2007.
- DEHLIN, Stefan; OLOFSSON, Thomas - An evaluation model for ICT investments in construction projects 2008.
- desenhe.com - BIM, software livre e desenho online. 2009. Disponível em WWW: <<http://www.desenhe.com/node/14>>.
- e-Business Watch - The European e-Business Market Watch 2005.
- EASTMAN, Charles - Building product models computer environments, supporting design and construction. New York: CRC Press, 1999. 0-8493-0259-5
- EASTMAN, Chuck - BIM handbook a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. New Jersey: John Wiley and Sons Ltd, 2008. 978-0-470-18528-5
- FABRICIO, Márcio; MELHADO, Silvío; ROCHA, Ana; GRILO, Leonardo - Gestão e coordenação de projectos de edifícios 2004.
- FERREIRA, Sérgio - Da engenharia simultânea ao de modelo de informações de construção (BIM): Contribuição das ferramentas ao processo de projeto e produção e vice-versa 2009.
- FERREIRA, Sérgio - Proposta de ampliação do modelo IFC com a contribuição do IES LM-63: A luminária no ciclo de vida da Edificação. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.
- FONSECA, Pedro MOREIRA DA - A produtividade das PME na construção. Porto: FEUP, 2008.
- IAI - Certified IFC Software. Wikipedia, 2010. Disponível em WWW: <http://www.ifcwiki.org/index.php/Commercial_Software
<http://www.ifcwiki.org/index.php/Free_Software>.


- IAPMEI - Definição de PME 2007. Disponível em WWW: <<http://www.iapmei.pt/iapmei-art-03.php?id=1790>>.
- INE - 2008. Disponível em WWW: <http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0004041&contexto=pi&selTab=tab0>.
- JACOSKI, Claudio Alcides - Peculiaridades do fluxo de informações em pequenos escritórios de projecto de edificações 2007.
- JACOSKI, Claudio; LAMBERTS, Roberto - A interoperabilidade como fator de integração de projetos na construção civil 2009.
- KANER, Israel; SACKS, Rafael; KASSIAN, Wayne; QUITT, Tomas - Case studies of BIM adoption for precast concrete design by mid-sized structural engineering firms 2008.
- KRIPPAHL, Miguel - O BIM e os arquitectos portugueses 2009. Disponível em WWW: <<http://bimbalhices.blogspot.com/2008/12/o-bim-e-os-arquitectos-portugueses.html>>.
- LEE, Ghang; SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles - Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system 2005.
- LEICHT, Robert; MESSNER, John - Moving toward an 'intelligent' shop modelling process 2008.
- NASCIMENTO, Luiz; SANTOS, Eduardo - A indústria da construção na era da informação 2003.
- NORBERT, W. Young; STEPHEN, A. Jones; HARVEY, M. Bernstein - Building Information Modeling (BIM). New York: SmartMarket, 2008. Disponível em WWW: <www.analyticsstore.construction.com>.
- NORBERT, W. Young; STEPHEN, A. Jones; HARVEY, M. Bernstein; GUDGEL, John E. - The business value of BIM. New York: SmartMarket, 2009.
- POÇAS MARTINS, João Pedro - Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção - Aplicação ao Licenciamento Automático de Projectos. Porto: FEUP, 2009.
- SAYÃO, Luís - Modelos teóricos em ciência da informação - abstração e método científico 2001.
- SOUSA, Hipólito de - Sebenta de Gestão de Projectos. 2. Porto: FEUP, 2003.
- STEWART, Rodney A.; MILLER, Christopher; MOHAMED, Sherif; PACKHAM, Gary - Sustainable development of construction small and medium enterprises (SMEs): IT impediments focus. (2006).
- TERENCE, Ana Cláudia Fernandes; FILHO, Edmundo Escrivão - PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO NA PEQUENA EMPRESA: as particularidades das pequenas empresas no processo estratégico 2001.
- TOBIN, John - Proto-Building: To BIM is to Build. Autodesk. AECbytes, 2008. Disponível em WWW: <<http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html>>.
- VALENTIM, Héberson; CORREIA, Ricardo - Sistema CAD: evolução e tendências 2002.
- WONG, Kwan-wah; TSE, Tao-chiu - The utilisation of Building Information Models in nD modelling: A study of data interfacing and adoption barriers. 2004.

ZORRINHO, C. - Gestão da Informação. Condição para Vencer. IAPMEI, 1995.

Anexo 1

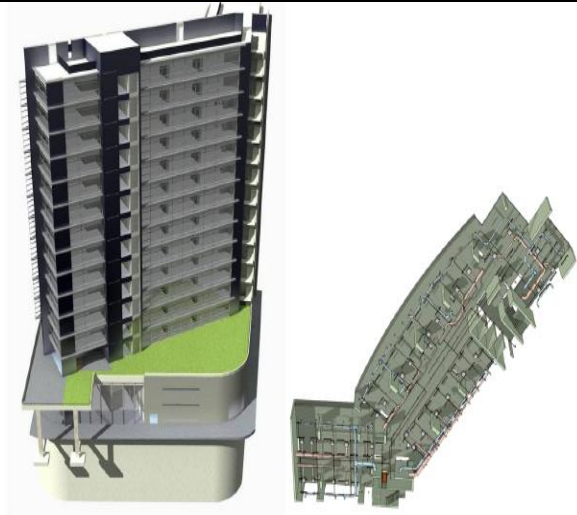
Obras BIM em Portugal

Neste anexo são apresentadas três obras realizadas em Portugal, com diferentes dimensões, elaboradas com o auxílio de ferramentas BIM.

<p>EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR, LISBOA</p>	
<p>LOCALIZAÇÃO</p>	<p>Rua Presidente Arriaga, Lisboa</p>
<p>EQUIPA MODELADORA</p>	<p>Mota Engil</p>
<p>ÂMBITO DO PROJECTO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Edifício habitacional com 2 caves e 4 pisos superiores • Área bruta de Construção: 3.560 m² • Projecto em fase de início de fundações aquando da entrega do modelo, base de dados e planeamento – efectuado pelos consultores VICO
<p>DESAFIOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estudo das possíveis vantagens e desvantagens das metodologias BIM através da sua utilização na obra • Modificação do planeamento das actividades do projecto entregues pelos consultores VICO devido a modificações existentes após a sua entrega
<p>RESULTADOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Benefícios na existência de um modelo, demonstrada pela equipa de obra, quer para coordenação e conhecimento, quer para obtenção de quantidades • Encontradas 111 incompatibilidades • Demonstrada a vantagem em ser uma equipa interna da Mota Engil a modelar

<p>EDIFÍCIO DA PLANINOVA, LISBOA</p>	
<p>LOCALIZAÇÃO</p>	<p>Edifício na Av. D. João II, Lisboa</p>
<p>EQUIPA MODELADORA</p>	<p>Mota Engil</p>
<p>ÂMBITO DO PROJECTO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Edifício de escritórios e comércio com 5 pisos enterrados e 15 pisos superiores • Orçamento do projecto: €21 M • Projecto na fase de início de fundações aquando do início da modelação – efectuado pelo Arq. Miguel Krippahl
<p>DESAFIOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Modelação 3D do edifício – verificação de possíveis erros e omissões e incompatibilidades entre projectos • Extracção das quantidades a partir do modelo • Execução de planeamento do projecto em LOB, com utilização das quantidades do modelo • Utilização das ferramentas BIM no auxílio da obra
<p>RESULTADOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Encontradas 99 incompatibilidades em duas fases de modelação, ajudando assim a equipa de preparação de obra • Efectuada uma análise dos projectos de especialidades (avac, águas, esgotos, iluminação) através da sua modelação, tendo-se feito um estudo de alternativas (avac) • Enorme facilidade em ver o projecto no modelo 3D, comprovada em reuniões entre a equipa de obra e outros intervenientes como subempreiteiros e projectistas <p style="text-align: right;">(Continua)</p>

EDIFÍCIO DA PLANINOVA, LISBOA



RESULTADOS



















- Actividades planeadas com base em produtividades e quantidades reais em LOB, tendo sido demonstrado à equipa de obra os benefícios e a enorme facilidade no seu uso
- Obtenção das produtividades reais para as actividades da estrutura de betão (cofragem, aço e betão), e comparação com as colocadas no LOB
- Realização de um mapa comparativo de quantidades obtidas pelo modelo e as quantidades das fases de orçamentação e as da obra, tendo sido demonstrada a grande fiabilidade do modelo
- Enorme facilidade em visualizar e compreender os planeamentos em LOB, comprovada em comparativos com os planeamentos dos subempreiteiros entregues em GANTT












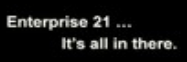




<p>POSTO DE ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS</p>	
<p>LOCALIZAÇÃO</p>	<p>Madalena, Funchal</p>
<p>EQUIPA MODELADORA</p>	<p>GPFA</p>
<p>ÂMBITO DO PROJECTO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • A instalação consiste essencialmente numa área de revenda de combustíveis líquidos a efectuar na rodovia, protegida por uma cobertura metálica aberta em todos os lados, com 1 piso acima do solo • Optou-se por uma concepção baseada numa volumetria linear, de imagem simples mas cuidada • A natureza e as condições do terreno são normais não existindo uma topografia muito acidentada
<p>DESAFIOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Foi seleccionado este projecto (dando inicio ao conceito interno de projecto colaborativo) dadas as reduzidas dimensões do terreno e da implementação • Passagem desta metodologia para projectos de maior dimensão
<p>RESULTADOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Foi tirado na prática, e de uma forma lógica, o máximo partido do conceito de Projecto Colaborativo

Anexo 2

Algumas ferramentas BIM Comerciais

Neste anexo são apresentadas algumas ferramentas BIM comerciais, sendo mencionados alguns detalhes destas.

FAMÍLIA	SOFTWARE	EMPRESA
Arquitetura	ArchiCAD	
	AutoCAD Architecture Revit Architecture	
	Bentley Architecture	
	DDS-CAD House Partner	
	Gehry Digital Project	
	Vectorworks Architect	
	Estruturas	Allplan
ProStell 3D Revit Structure		 
Bentley Structural		
ScaleCAD		
StruCAD		
Tekla Structures		
Sistemas Mecânico e AVAC		ADT Building Systems
	AutoCAD MEP AutoDesk Revit MEP	
	Bentley Building Mechanical System	
	Carrier E20-II HVAC System Design	
	DDS HVAC	
	MagiCAD	
	Vectorworks Architect	

FAMÍLIA	SOFTWARE	EMPRESA
Sistema Eléctrico	Revit MEP	
	Bentley Building Electrical System	
	DDS-CAD Electrical	
	Vectorworks Architect	
Sistema de Tubagens (piping)	Revit MEP ProCAD 3D Smart	
	Pipedesigner 3D	
	Vectorworks	
Planeamento	AutoCAD Civil 3D Eagle Point's Landscape & Irrigation Design	
	Bentley Power Civil	
Construção	ArchiCAD Constructor and Estimator	
	DDS-CAD Building	
Materiais e Componentes	Enterprise 21 ERP Systems	
Gestão	ArchiFM	
	Bentley Facilities	
	FMDesktop	
	Rambyg	

Anexo 3

Softwares compatíveis com as diferentes versões do modelo IFC

Neste anexo é apresentada uma lista de softwares (livres e comerciais) compatíveis com as diferentes versões do modelo IFC.

SOFTWARES IFC 2X3 STEP 2 CERTIFICADOS		IFC™ 2x3 IMPLEMENTATION
SOFTWARE	EMPRESA	RESTRIÇÃO
ACTIVe3d	ARCHIMEN Group	Só importa
ALLPLAN 2006.2	Nemetschek	
ArchiCAD 11	Graphisoft	
AutoCAD Architecture 2008 SP1	Autodesk	
Bentley Architecture 8.9.3	Bentley Systems	
DDS-CAD 6.4	DDS	
Facility Online	Vizelia	Só importa
MagiCAD	Progman	Só exporta
ESA-PT	SCIA	
Revit Building 2008 SP1	Autodesk	
Solibri Model Checker	Solibri	Só importa
TEKLA Structures	TEKLA Corporation	

SOFTWARES IFC 2X3 STEP 1 CERTIFICADOS		
SOFTWARE	EMPRESA	RESTRIÇÃO
ACTIVE3d	ARCHIMEN Group	Só importa
ALLPLAN 2006.2	Nemetschek	
ArchiCAD 10	Graphisoft	
AutoCAD Architecture 2008	Autodesk	
Bentley Architecture	Bentley Systems	
CADS Planner Electric Pro and Hepac Pro	Kymdata Oy	Só exporta
DDS-CAD	DDS	
EliteCAD Architecture 11 SP1	Messerli Informatik GmbH	
Facility Online	Vizelia	Só importa
IFC für Oracle CADView-3D	NorConsult	Só importa
MagiCAD	Progman	Só exporta
Revit Building 2008	Autodesk	
ESA-PT	SCIA	
Solibri Model Checker	Solibri	Só importa
TEKLA Corporation	TEKLA Structures	
VectorWorks	Nemetschek NA	

SOFTWARES IFC 2X2 STEP 2 CERTIFICADOS		
SOFTWARE	EMPRESA	RESTRICÇÃO
Autodesk	Revit Building	Só exporta
Graphisoft	ArchiCAD	
Novasprint Citynet	FORNAX ePlan Checker	



SOFTWARES IFC 2X STEP 2 CERTIFICADOS		
SOFTWARE	EMPRESA	RESTRIÇÃO
ARCHIMEN Group	ACTIVE3d	Só importa
Bentley Systems	Bentley Architecture	
Data Design System	HVACPartner, ElectroPartner	
Graphisoft	ArchiCAD	
Inopso	IFC2xUtility for Autodesk ADT	
Nemetschek	ALLPLAN	
Novasprint Citynet	ePlanChecker	Só importa
Olof Granlund	BSPRO, RIUSKA	
Solibri	Solibri Model Checker	Só importa
Vizelia	Facility Online	
YIT	Cove	Só importa



FERRAMENTAS IFC LIVRES		
SOFTWARE	FUNÇÃO	EMPRESA
IFC2SKP	Plugin para o Google SketchUp	Cadalog, Inc
DDS IFC Viewer	Visualizador IFC	Data Design System
DDS IFC Reader	Examinador IFC	
FZKViewer	Visualizador IFC	Karlsruhe Institute for Technology / Institute for Applied Computer Science / Campus North
IfcObjectCounter	Verificador de ficheiros IFC	
IfcViewer	Visualizador IFC	
IfcStoreyView	Visualizador IFC	
IfcWalkThrough	Visualizador IFC	
IfcQuickBrowser	Visualiza a árvore de componentes dos ficheiros IFC	G.E.M. Team Solutions
Nemetschek IFC Viewer	Visualizador IFC	Nemetschek AG
Support Forum	Fórum de ajuda	
IFC File Analyzer	Cria folhas Excel a partir de ficheiros IFC	NIST
SteelVis - CIS/2 to IFC Translator	Converte o formato CIS/2 no formato IFC	
Solibri IFC Optimizer	Optimização e compressão de ficheiros IFC	Solibri
Solibri Model Viewer	Visualizador	
Open Source BIM Server	Ferramenta BIM baseada no modelo IFC	Bimserver.org
Ifc Engine Series		TNO Building Research
Ifc Engine Basic	Visualizador 2D	
Ifc Engine Viewer	Visualizador 3D	
Ifc Engine DLL	Disponibiliza ferramentas IFC	
Ifc Engine OCX	Componente ActiveX	
examples writing IFC	Código-fonte	
examples reading IFC	Código-fonte	
Open IFC tools	Disponibiliza ferramentas IFC	Bauhaus Universität Weimar / HOCHTIEF AG