U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

INVENTÁRIO DAS APLICAÇÕES INFORMÁTICAS DISPONÍVEIS EM PARTICULAR PARA A CONSTRUÇÃO

PEDRO MIGUEL CORREIA SILVESTRE

Projeto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS

Orientador: Professor Doutor Hipólito José Campos de Sousa

JANEIRO DE 2013

Versão para Discussão

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2011/2012

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 – 2011/2012 – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012*.

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.

Aos meus Pais

Devemos aprender durante toda a vida , sem imaginar que a sabedoria vem com a velhice.

Platão

AGRADECIMENTOS

Para fazer um trabalho tão abrangente só é possível com o apoio e disponibilidade de várias pessoas que direta ou indiretamente estiveram envolvidas. Assim quero agradecer a algumas pessoas nomeadamente:

Ao meu orientador Professor Doutor Hipólito Sousa por toda a disponibilidade, entusiasmo e paciência que demonstrou durante o tempo de elaboração deste trabalho.

Ao Engenheiro Pedro Mêda por todo o conhecimento partilhado, pelo interesse demonstrado na resolução de todas as questões que surgiram durante a elaboração da presente dissertação e pela revisão do trabalho de forma tão detalhada.

A toda a minha família.

A todos os meus amigos pela amizade demonstrada a nível académico e pessoal não só neste semestre como também durante todo o percurso académico.

O meu mais sincero obrigado a todos os referidos.

RESUMO

A construção civil, quando comparada com outras industrias, apresenta uma ineficiência resultante de uma gestão ineficaz da informação por parte dos seus intervenientes. A sua visão conservativa perante os avanços tecnológicos representa-se como uma das principais razões para os baixos valores de produtividade . As crescentes exigências no sector ao nível da complexidade dos projetos, bem como a atual produtividade dos seus processos, sugere a necessidade de uma alteração da forma de abordar o processo construtivo.

Estandardizar os formatos de comunicação, e promover a partilha e integração eficaz da informação, são aspetos importantes a ter em conta pelas organizações. Os Building Information Models (BIM) apresentam-se como uma forma de integrar num modelo único a informação referente ao ciclo de vida de um edifício. Apesar de ao longo dos tempo, terem sido desenvolvidos vários modelos de informação que completa ou parcialmente permitem a representação de um projeto, na atualidade, nenhum destes modelos conseguiu ser permanentemente implementado na construção. Este facto pode ser explicado pela razão de as vantagens retiradas da sua utilização serem maximizadas quando um grande numero de utilizadores os adoptarem.

Neste trabalho, para além de uma recolha de informação sobre as principais razões da ineficácia do sector construtivo e da legislação que atualmente se encontra em vigor foi feito um inventário de aplicações informáticas utilizadas nas diferentes fases do ciclo de vida de um empreendimento, desde a fase inicial de projeto até à sua utilização, mostrando a forma como se interrelacionam.

PALAVRAS-CHAVE: BIM, Processo Construtivo, Gestão da Informação, Tecnologias de Informação, Aplicações Informáticas

ABSTRACT

Compared to the other industries, the Construction sector is presented as inefficient due to a poor management of the information by their users. The conservative point of view towards technological advances represents one of the main reasons for the low results on productivity. Not only the complexity of the projects, but also the productivity rates of the processes demands a new way to face the building process.

Standardize communication formats and promote an efficient integration of information are important aspects to be taken in consideration by the organizations. The Building Information Models (BIM) present another way to integrate in just one unique model all the information referring to the building Life Cycle. In spite the fact that over the years, the development of different information models were able to partially or completely represent a project, the truth is that none of these models were permanently implemented in Construction. This can be explained by the fact that the main advantages of its usage are maximized when there are a larger number of users.

In this work, besides collecting information about the main reasons for the inefficiency on the Construction sector and the according legislation, it was developed an inventory of computer applications used along the different stages of a building life cycle, since the initial stage until the moment of occupation.

KEY-WORDS: BIM, Building Process, Information management, Information Technologies, Computer Applications

ÍNDICE GERAL

1 introdução 1
1.1. Introdução 1
1.2. Objectivos 1
1.3. Organização do texto 2
2 estado de arte 3
2.1. Sector da construão: ineficiente? 3
2.1.1. Aspetos gerais 3
2.1.2. Especificidade do sector 4
2.2. gestão da informação 6
2.2.1. Conceito 6
2.2.2. Modelo DIKW 6
2.2.3. Dados 7
2.2.4. Informação 8
2.2.5. Conhecimento 8
2.2.6. Sabedoria 8
2.2.7. Modelo proposto pelo professor Poças Martins 8
3 Modelos de informação na construção 17
3.1. Sistemas e Modelos de Informação 17
3.1.1. Aspectos gerais 17
3.1.2. Consciencialização histórica 17
3.1.3. Tecnologias, sistemas e modelos de informação 18
3.2. “Enterprise Resource Planning” (ERP) 25
3.2.1. Aspetos Gerais 25
3.2.2. Sistemas ERP: vantagens e Oportunidades 27
3.2.3. Sistemas ERP: Desvantagens e Ameaças 27
3.2.4. O futuro dos sistemas ERP 28
3.3. BIM – “Building Information Modeling” 29
3.3.1. Definição 29
3.3.2. Benefícios 29
3.3.3. Vantagens do uso dos BIM no processo construtivo 31
3.3.4. Implementação dos BIM nas empresas 34

3.3.5. Alterações das práticas de trabalho 35
3.3.6. Retorno do investimento 36
3.3.7. Entraves à propagação dos BIM 38
3.3.8. BIM - Coordenação, Cooperação e Interoperabilidade 38
3.4. IFC 40
3.4.1. Conceito 40
3.4.2. Contexto Histórico 40
3.4.3. Arquitetura do modelo 41
4 processo construtivo e legislação nacional 43
4.1. Sector da construção 43
4.1.1. Enquadramento 43
4.1.2. Evolução do sector 43
4.1.3. Abordagem por processos: conceito de processo 44
4.2. Processo Construtivo 44
4.2.1. Definição 44
4.2.2. Proposta Britânica 45
4.2.3. Processo Construtivo adoptado 47
4.2.4. Promoção 47
4.2.5. Projeto 48
4.2.6. Projeto de execução 49
4.2.7. Construção 50
4.2.8. Utilização e Manutenção 50
4.2.9. Demolição 51
4.3. Intervenientes 51
4.4. A Legislação na Construção 52
5 softwares alicados à industria da construção 57
5.1. Introdução 57
5.2. Contextualização dos *Softwares* 57
5.3. Desenho 59
5.3.1. AutoCAD 59
5.3.2. ArchiCAD 61
5.4. Calculo Estrutural 63
5.4.1. Autodesk Robot Structural Analysis Professional 63

5.5. Orçamentação 67
5.5.1. Arquimedes – CYPE (http://arquimedes.cype.pt).....67
5.5.2. Candy CCS.....70
5.6. Eficiência Energética 72
5.6.1. ArchiCAD - Avaliação Energética.....72
5.6.2. EnergyPlus 73
5.7. Plataformas electrónicas – Introdução 74
5.7.1. Vortal – Comércio Electrónico Consultadoria e Multimédia, S.A. (4).....76
5.7.2. Gatewit – Empowering ePlatforms (5).....77
6 conclusões.....79
6.1. Conclusões Gerais do Trabalho 79
6.2. Desenvolvimentos Futuros.....80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Indicador de adopção de tecnologias da informação e comunicação. Comparação com outros sectores da indústria (e-Business W@atch 2005) (traduzido)....4

Figura 2 - Distribuição dos trabalhadores da construção em Portugal (INE, 2008)....6

Figura 3 - Esquemas DIKW (Steyn 2001), (Bellinger et al. 2004), (Clark 2004), (Sharma 2005) adaptado em (Poças Martins, J.P.d.S., 2009). 7

Figura 4 - Esquema DIKW proposto....9

Figura 5 - Fluxo de informação n construção - desordenada (Lazaro, 2010)....13

Figura 6 - Partilha da informação na construção com uso de ferramentas colaborativas (Lazaro,2010) 14

Figura 7 - Tipos de sistemas de informação. Adaptado de (Laudon,Laudon, 2002)....20

Figura 8 - Esquema da filosofia PLM (Absoluteastronomy.com) 22

Figura 9 - Software ERP....26

Figura 10 - Arquitetura Cliente – Servidor (POÇAS MARTINS, J.P., 2009) 26

Figura 11 - Áreas de aplicação dos BIM (buildipedia.com)....30

Figura 12 - Resultados do questionário "interoperabilidade para softwares BIM"....32

Figura 13 - Adaptação da curva de MacLeamy (Poças Martins 2009), (Maunula 2008) 35

Figura 14 - Dinâmicas da relação entre tempo e produtividade na implementação de um BIM (Autodesk 2007) 36

Figura 15 - cronologia das versões do modelo IFC (IAI, 2011)....41

Figura 16 - Estrutura da base de dados do modelo IFC, versão 2x4 (IAI, 2010). Adoptado de (Sousa et al. 2011). 42

Figura 17 - Esquema simplificado de um Subprocesso....44

Figura 18 - Outline Plan of Works (RIBA) 45

Figura 19 - Esquema do processo construtivo adoptado 47

Figura 20 – Fase de projeto 48

Figura 21 - Produção de informação e sua formalização ao longo das fases de projeto 49

Figura 22 - Desagregação de elementos do projeto a distribuir por subempreiteiros (Poças Martins 2006)....50

Figura 23 - Contextualização das áreas abrangidas pelos *softwares* em estudo....58

Figura 24 - Representação de um edifício em 3D, modelado com o AutoCAD, visto de duas perspectivas diferentes e com dois tipos de iluminação distintos. 60

Figura 25 - Apresentação da ferramenta MORPH aplicada às chaminés de Palau Guell....62

Figura 26 - interface da biblioteca disponível em ArchiCAD....62

Figura 27 - Modelação no Autodesk Revit Structure (esquerda), Análise de estruturas no Robot Structural Analysis (direita) 64

Figura 28 - Criação de malhas de elementos finitos 65

Figura 29 - Análise de estruturas no Robot Structural Analysis (esquerda), Desenhos de estaleiro criados com o AutoCAD Structural Detailing (direita). 66

Figura 30 - Exemplo de integração do Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional com o Microsoft® Excel 67

Figura 31 - Esquema representativo do software Arquimedes 68

Figura 32 - Esquema exemplo do diagrama de Gantt (Plano de trabalhos) 69

Figura 33 – Organização do sistema Candy 70

Figura 34 – Extração de quantidades de um desenho 2D – Candy CCS 71

Figura 35 – Exemplo de atualização automática com o Candy CCS 71

Figura 36 - Funcionamento de uma plataforma electrónica de contratação 74

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Custos de projeto relativamente a custos de produção (EASTMAN, C., 1999) 4

Tabela 2 - Modelos Completos e Parciais (síntese).....24

Tabela 3 - Resultados de um estudo do retorno do investimento (Autodesk 2007), versão conservativa (esquerda), versão realista (direita) 37

Tabela 4 - Formatos de troca mais utilizados nas aplicações do sector AEC 40

Tabela 5 - Síntese da situação da construção no passado e na atualidade (SOUSA, H.d., 2003) 43

Tabela 6 - Nomenclatura para as diferentes fases do projeto e diferentes agentes 56

Tabela 7 - Inventário dos softwares em análise.....58

Tabela 8 - Lista de Entidades certificadas para prestação de serviços de plataforma electrónica 75

Tabela 9 - Avaliação qualitativa da utilização das plataformas electrónicas 76

Tabela 10 - Listas de *Browsers* utilizados para a plataforma VortalGOV 77

1 INTRODUÇÃO

1.1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção, tanto a nível nacional como internacional, tem sido desafiada com a necessidade de redução de custos e com uma crescente competitividade. Múltiplos estudos demonstram que o sector da construção necessita de um investimento na melhoria dos seus processos organizativos e de gestão, com forte apoio de sistemas de informação a exemplo do que acontece noutras indústrias mais desenvolvidas. A motivação para esta dissertação parte assim da vontade de inventariar as aplicações informáticas existentes e de que forma estas respondem à necessidade de um aumento de qualidade para o sector da construção.

Pretende-se abordar os Sistemas de Informação na Construção ao longo das várias fases do processo construtivo dos empreendimentos, percebendo onde é que estes sistemas estão já de facto implantados, onde estão a ser tomadas medidas para a sua implementação e onde ainda não fazem parte das práticas de trabalho, mas conseguem trazer novas oportunidades, inovação e eficácia ao processo.

Os SI representam uma melhor abordagem sobre a forma como é gerida a informação na construção e através da realização de uma avaliação dos métodos de trabalho no sector da construção é possível verificar que este apresenta significativas falhas relacionadas sobretudo com a transição de informação entre as várias fases do processo. Estas falhas/ineficiência surgem sobre várias formas tais como desperdícios de tempo, dificuldades de comunicação entre os diferentes intervenientes e a dificuldade de utilizar informação obtida em outros projetos com características similares.

No seguimento da necessidade de alterar metodologias e melhorar a qualidade dos projetos, os sistemas informáticos, além de terem preocupações óbvias, como o cálculo, etc., deverão também posicionar-se de forma a acrescentar valor ao processo. Poderá ser através de mecanismos de integração com outras aplicações ou produção de outputs que possam ser normalizados. As aplicações BIM, pretendem agregar os agentes da construção e os diferentes processos ao longo do ciclo construtivo através da produção de informação que consiga ser interpretada da mesma forma por parte de todos os intervenientes.

1.2. OBJECTIVOS

Tendo como principal objectivo tomar consciência da importância dos sistemas de informação para os sistemas para o sector da construção, este trabalho pretende identificar as aplicações informáticas existentes no mercado, analisando as suas vantagens e inconvenientes e a forma como estes se adequam às diferentes fases do processo construtivo. Identificados os *softwares* disponíveis atualmente, pretende-se realizar uma sistematização matricial da informação, descrevendo em que fase

do processo construtivo estas aplicações se enquadram e quais os intervenientes que os utilizam, de forma a identificar os pontos de contacto e as lacunas.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

A presente dissertação é dividida em seis capítulos. No capítulo um é apresentada a justificação pela qual a realização deste trabalho é relevante para o sector da construção na medida que este necessita de melhorar a forma como encara as tecnologias de informação. De seguida, no capítulo dois é apresentado o estado de arte, onde é descrita a especificidade do sector da construção e a forma como a informação circula no modelo tradicional de trabalho. Nos capítulos três e quatro são apresentadas os conceitos de tecnologias, sistemas e modelos de informação, são definidas as diferentes fases do processo construtivo e também a legislação que atualmente se encontra em vigor. No capitulo cinco são descritos vários *softwares* aplicados a diferentes fases do processo construtivo, e analisada a sua relação. Finalmente, no capítulo seis são apresentadas as conclusões do trabalho.

2
ESTADO DE ARTE

2.1. SECTOR DA CONSTRUÃO: INEFICIENTE?

2.1.1. ASPETOS GERAIS

A construção civil sempre foi uma atividade industrial com um grande consumo de recursos tanto humanos como materiais e atualmente representa ainda uma relevante parte da economia mundial, contudo a inovação a nível tecnológico característico do sector tem vindo a ser perdido em comparação com as outras atividades industriais.

Um dos factores mais importantes na construção em Portugal, são as derrapagens nos orçamentos. As consequências são severas e depreciativas não só para a imagem e credibilidade das empresas e dos seus trabalhadores, mas principalmente para o sector da construção em geral.

As deficiências nos projetos são a principal causa de problemas e conflitos ao longo de uma construção, sendo por vezes causa determinante para o falhanço (Couto e Couto, 2007). Contudo, a qualidade dos projetos é essencial para a redução de custos ao longo do ciclo de vida da obra. De acordo com Silva e Silva (2003), se analisar os custos envolvidos numa empreitada desde o inicio até á sua demolição, a fase inicial de projeto e a fase de construção representam apenas 15-20%. Os restantes 80-85% são custos de operação e manutenção. Em relação à porção correspondente ao projeto e construção, apenas 10-20% é realmente usado na fase de projeto, planeamento e supervisão, enquanto que os restantes 80-90% é gasto na construção.

Deste modo, é urgente desenvolver e adoptar sistemas de informação, apropriados para a construção, de modo a eliminar derrapagens e não conformidade com prazos e assim assegurar uma adequada transferência de informação viável e importante para o desenvolvimento de estratégias de forma a obter qualidade.

De acordo com Nascimento e Santos (2002), embora o sector da construção ainda mantenha uma visão conservativa perante os avanços tecnológicos ao longo dos últimos anos, tem-se assistido a uma aceitação do sector ás novas tecnologias de informação. Hoje em dia, a utilização destas tecnologias é fundamental para obter produtividade e qualidade, e a prova disso é a enorme variedade de aplicações informáticas específicas para a construção. Algumas destas ferramentas tornaram-se standard, podendo ser encontradas em todos os níveis do sector, desde gabinetes de projeto até escritórios de apoio em obra. Apesar de tudo indicar que os problemas com a gestão da informação na construção estão devidamente resolvidos, estudos recentes mostram que a indústria da construção é uma das menos eficientes no que diz respeito á adopção de novas tecnologias de informação.

"As expressões "informatização" e "gestão da informação" não são sinónimas e é frequente encontrar- se empresas bem servidas em termos de hardware, com software atualizado e pessoal dedicado em exclusivo à manutenção do sistema informático mas que não realizam uma gestão eficaz da informação".

Comparando a Construção Civil com outros sectores da economia, é possível verificar que nos meados do século XIX este era o sector da engenharia mais complexo e o que mais utilizava as novas tecnologias. Hoje em dia tal facto já não se verifica (Eastman, C., 1999). Na figura 1 é possível constatar que atualmente, outros sectores tais como o sector automóvel ou farmacêutico, usufruem a um nível muito mais avançado das tecnologias de informação.

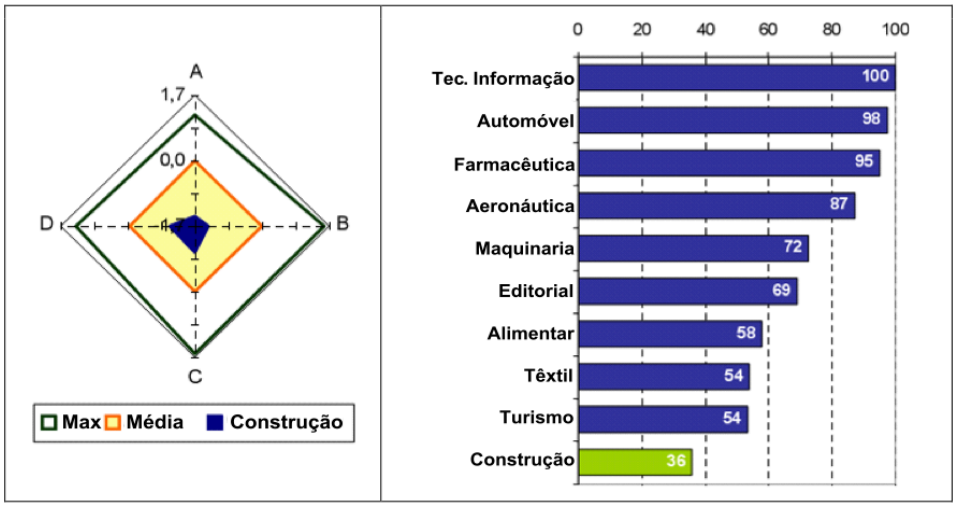


Figura 1 - Indicador de adopção de tecnologias da informação e comunicação. Comparação com outros sectores da indústria (e-Business W@atch 2005)

2.1.2. ESPECIFICIDADE DO SECTOR

o sector da construção como já foi referido apresenta índices de produtividade bastante inferiores aos registados em outras indústrias, pelo que se coloca a questão, qual o motivo desta diferença de produtividade? Uma das razões é o facto de na construção, o conceito de projeto ser abordado de maneira diferente das outras industrias. Na tabela 1, é possível comparar o modo como diferentes industrias encaram a criação de um produto. Na industria da construção, a maioria das empresas não apostam na investigação e no desenvolvimento do projeto, enquanto que, por exemplo, nas industrias da electrónica e automóvel, a fase de Design inclui não só o projeto do produto, mas também os recursos utilizados com a investigação e desenvolvimento. Estas indústrias focam-se no sistema produtivo, tirando o máximo partido de processos repetitivos e automatizados com o intuito de atingir uma maior eficácia e consequentemente uma maior produtividade.

Tabela 1 - Custos de projeto relativamente a custos de produção (EASTMAN, C., 1999)

Exemplo	Custo/UN	Design	Relação
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

Proceder a alterações já na fase de execução representa muitas vezes uma grande perda de produtividade, pelo que o projeto deve ser considerado decisivo, pois é nesta fase que se conseguem maiores oportunidades de influência, com menores custos acumulados (Moreira da Costa 2009). Pode afirmar-se ainda que o sector da construção é caracterizado pelo desperdício de tempo, energia e material, visto que a denominada "curva de aprendizagem" é constantemente interrompida após a criação de um novo produto (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

Como visto anteriormente, o sector da construção apresenta índices do produtividade significativamente mais baixos quando comparado com outras industrias, pelo que neste trabalho importa referir alguns dos factores que justifiquem estes índices produtivos (POÇAS MARTINS, J.P., 2009), (Moreira da Costa 2009):

- **Esquema produtivo não repetitivo:**

  A industria da construção é muito mais especifica que as outras industrias, isto é, todos os projetos são diferentes e devem ser encarados como tal, contudo existem áreas passíveis de serem padronizadas, como por exemplo, especificação de dimensões e quantidades ou a definição das etapas de fabricação do betão. Em suma, o objetivo é rentabilizar ao máximo os recursos disponíveis, e da mesma forma que se procede na industria automóvel, também na Construção se devem adoptar medidas e novas tecnologias para aumentar a produtividade.

- **Número elevado de elementos operacionais:**

  Uma das causas que provoca o baixo índice produtivo é o grande numero de elementos operacionais envolvidos no processo. cada um destes elementos tem o seu ritmo de trabalho, a sua habilidade, trazendo assim vantagens e desvantagens para o grupo. deste modo, o planeamento das tarefas pode ou não ser afectado, pois devido ao fraco nível de normalização existente, cada operário realiza a sua tarefa de acordo coma sua prática corrente.

- **Dispersão da industria da construção:**

  este factor pode ser encontrado a vários níveis da industria da construção. Por um lado, o facto de existir um grande numero de pequenas empresas leva à problemática da compatibilização de sistemas e de processos, e por outro, a usual distribuição de trabalhos por várias pequenas empresas, torna difícil a interligação entre os intervenientes.

  Dados do instituto nacional de estatística mostram que o numero de pequenas empresas no sector da construção em Portugal é de cerca de 92% com menos de 10 trabalhadores, e são responsáveis por cerca de um terço do volume de negócios (INE, 2008), pelo que a implantação de novas tecnologias ou mesmo ou mesmo a alteração de procedimentos habituais, não se mostra favorável (figura 2).

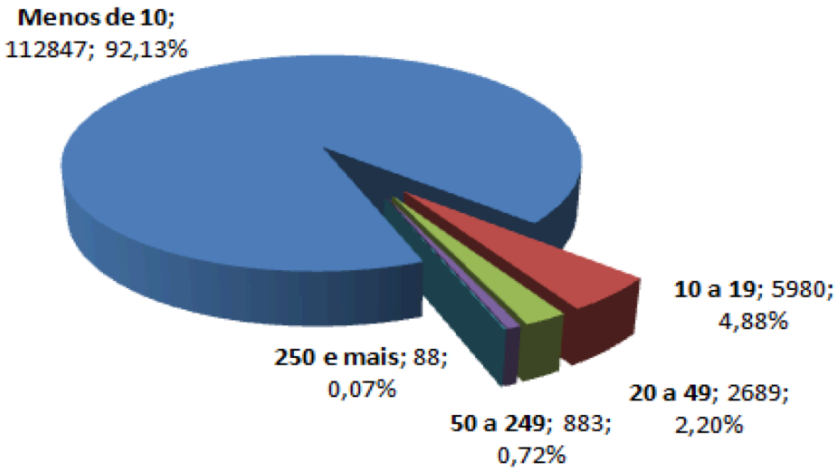


Figura 2 - Distribuição dos trabalhadores da construção em Portugal (INE, 2008)

Resumindo, o sector da construção civil apresenta características bastante distintas das restantes, contudo, é de notar que existe espaço para evoluir, devendo se apostar em metodologias de padronização e de automação dos processos tornando assim este sector mais eficaz e produtivo.

2.2. GESTÃO DA INFORMAÇÃO

2.2.1. CONCEITO

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

Para uma empresa a informação tem um papel fundamental, e é importante saber usá-la de forma melhor e mais eficaz e consequentemente transformar-se numa empresa mais produtiva.

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 selecionar 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).

2.2.2. MODELO DIKW

Na bibliografia consultada é possível encontrar definições diferentes para o termo "informação", e nem sempre coincidentes no que respeita às tecnologias de informação. Pelo que, dada a incoerência das definições encontradas, ao longo deste subcapítulo são adoptadas as definições apresentadas pelo professor João P. Poças Martins (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

Segundo a bibliografia anglo-saxónica, o esquema do tipo "DIKW - Data – Information – Knowledge – Wisdom" (dados – informação – conhecimento – sabedoria), ilustra de uma forma corrente o significado da expressão "informação".

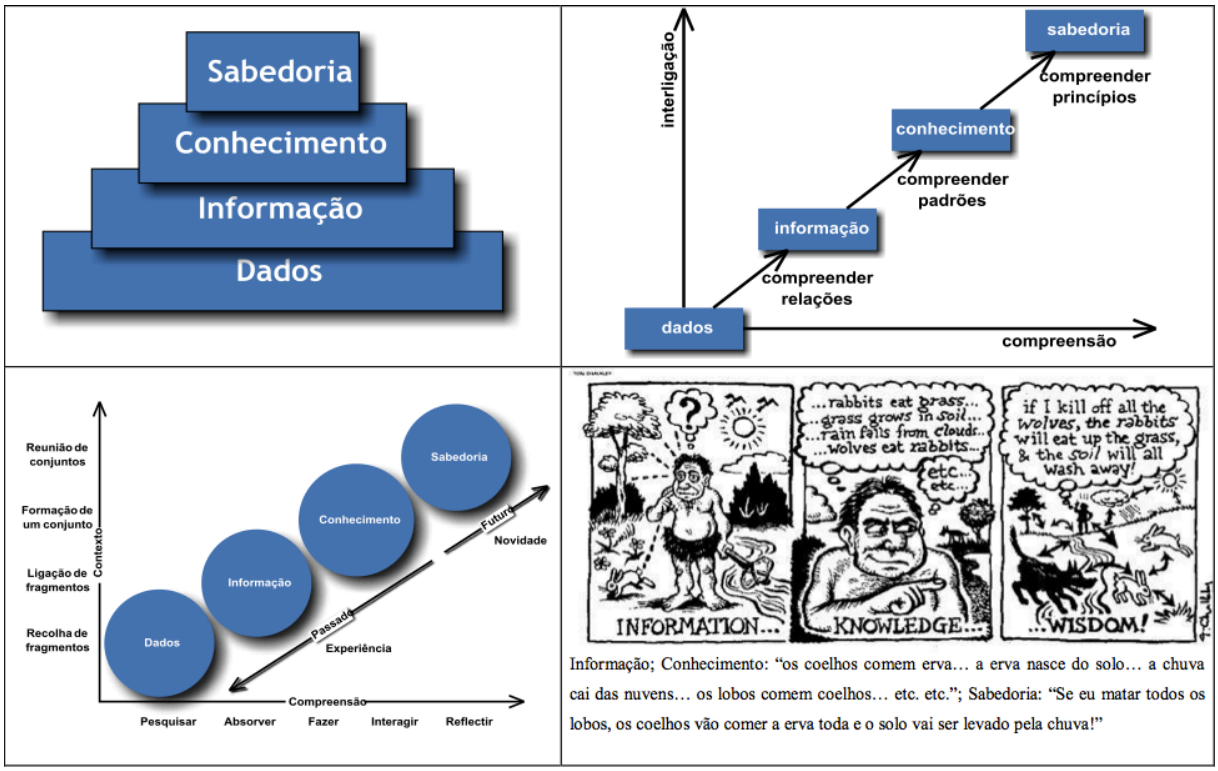


Figura 3 - Esquemas DIKW (Steyn 2001), (Bellinger et al. 2004), (Clark 2004), (Sharma 2005) adaptado em (Poças Martins, J.P.d.S., 2009).

Os esquemas da figura 3, mostram que a definição das diferentes expressões não é consensual. A informação pode ser vista como um subconjunto de dados. Um exemplo simples desta definição é um conjunto de números de telefone e outro conjunto de nomes, que quando são agrupados devidamente produzem um subconjunto com números de telefone associados a uma respectiva pessoa transformando-se assim em informação relevante. A informação pode ser vista assim como um conjunto de regras que relacionam dados. Um outro autor diz que, numa organização os dados passam a ser considerados informação quando, sendo um subconjunto dos dados, acrescentam valor nas tomadas de decisão da organização, (Pereira 2005).

No presente trabalho este tema tem importância devido ao facto de no campo das tecnologias de informação, interessa saber o modo como a informação é gerida e partilhada no interior das organizações.

2.2.3. DADOS

Os "dados" são os elementos de base da estrutura DIKW, estes são desprovidos de contexto, isto é, não estão relacionados com outros elementos da estrutura DIKW. Um exemplo de dados já foi mostrado no ponto anterior. A utilidade dos dados é limitada até serem inseridos num contexto, formando "informação".

2.2.4. INFORMAÇÃO

Serão classificados como ”informação” a generalidade dos elementos elaborados e partilhados pelos intervenientes do processo construtivo, incluindo correspondência, atas de reuniões, documentos de projeto, registos de progresso, características de materiais e componentes, etc.

2.2.5. CONHECIMENTO

“A análise de informação recolhida em projetos anteriores pode resultar na identificação de padrões que permitam o estabelecimento de regras que poderão ser aplicadas em projetos similares no futuro” (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

Neste ponto de vista, a gestão da informação e a gestão do conhecimento são conceitos com alguma afinidade. Seguindo ainda o exemplo dos pontos anteriores, quando associado a uma lista de elementos pertencentes a projetos anteriores temos um conjunto de indicadores, estes permitem fazer uma avaliação das vantagens decorrentes da escolha de um ou de outro elemento para um trabalho com determinadas características.

Deste modo, existem atualmente sistemas de apoio á decisão, que utilizam métodos estatísticos para pesquisar informação registada de forma a encontrar padrões que permitam fazer correlações entra varáveis de um problema.

Um outro conceito interessante para o trabalho é a distinção feita entre conhecimento tácito e conhecimento explícito definida por Polanyi (Polanyi 1962):

- Tácito: Conhecimento resultante do pensamento individual, estando diretamente relacionado com a inteligência. É uma componente privada e pessoal. No sector da construção, o conhecimento tácito está presente no atos de criação, na concepção de projetos por exemplo, sendo que normalmente as vantagens competitivas das empresas residam habitualmente no conhecimento tácito que produzem.
- Explícito: componente que provem diretamente do conhecimento tácito. O conhecimento explícito é escrito, falado, observado e formalizado de modo a poder ser utilizado. A componente explícita representa-se por peças escritas e desenhadas de projeto, sendo pública e colectiva. O conhecimento explícito, no sector da construção é responsável por mais de 80% do volume de negócios das empresas de projeto. (Pulsifer 2008).

2.2.6. SABEDORIA

A sabedoria resulta assim da experiencia acumulada de atividades anteriores, isto é da capacidade de saber escolher determinado conhecimento para uma determinada tarefa. Contudo alguns autores admitem que esta á uma faculdade exclusivamente humana, enquanto que outros abrem uma discussão sobre o conceito de “gestão da sabedoria” (Wisdom Managment).

2.2.7. MODELO PROPOSTO PELO PROFESSOR POÇAS MARTINS

Na figura 4 é possível observar uma representação do modelo DIKW onde o autor não só representa o modelo hierarquizado anteriormente visto mas acrescenta também as transições entre os elementos. Neste modelo procura-se ainda fazer a separação entre o domínio tangível – documentos, comunicação

verbal, etc. – e o domínio intangível – o pensamento e a imaginação.

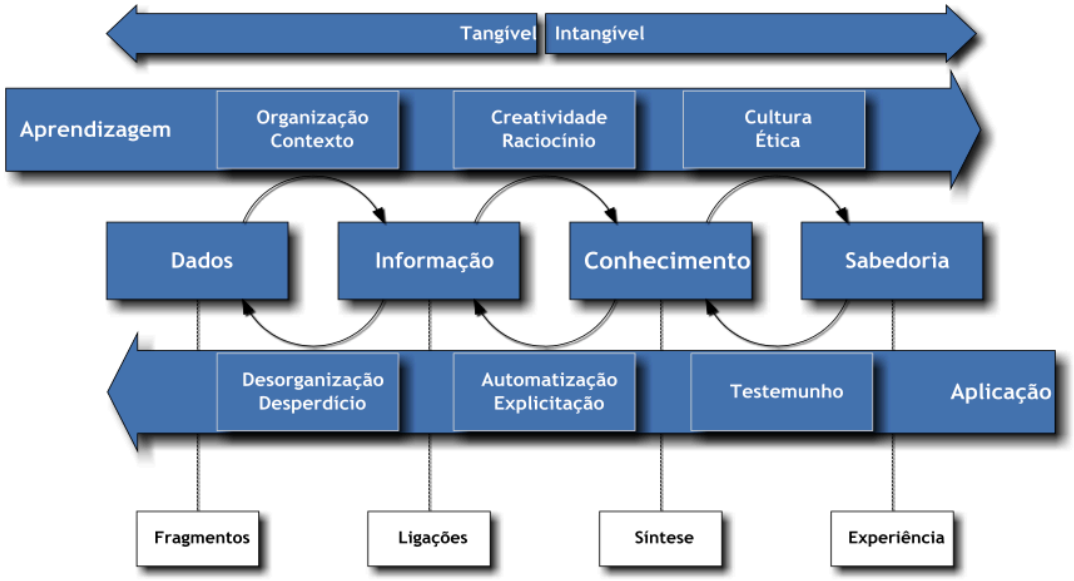


Figura 4 - Esquema DIKW proposto

O autor acrescenta ainda que a os dados, a informação, o conhecimento e a sabedoria têm um valor intrínseco, e a transição entre estados (em qualquer dos sentidos) representa um esforço que possui igualmente valor. Um dos objectivos principais da gestão da informação é o de evitar que as pessoas sejam repositórios exclusivos de informação e de conhecimento das organizações de modo a que os esforços realizados não sejam desperdiçados.

2.3. GESTÃO DA INFORMAÇÃO NO SECTOR DA CONSTRUÇÃO

2.3.1. ASPETOS GERAIS

Na bibliografia consultada, é possível encontrar vários autores que se debateram sobre as práticas da gestão da informação. Por exemplo, a relação entre o fluxo de informação e os fluxos de trabalho no processo construtivo, a mudança de paradigma na gestão da informação baseada em tecnologias de informação suportadas pela internet e o papel das tecnologias de informação na gestão da construção, são alguns dos temas que atualmente são discutidos internacionalmente.

Atualmente existe uma grande variedade de tecnologias de informação que dão apoio à gestão do sector da construção. Estas ferramentas prometem um aumento significativo da eficácia e da eficiência na gestão de projetos. Contudo, este aumento apenas acontece quando a utilização destas ferramentas é acompanhada de uma mudança na forma de trabalhar e na mentalidade dos participantes. Com o auxilio destas novas ferramentas, a troca de informação passou a ser realizada de modo mais eficaz com acesso remoto a ficheiros ou através da partilha de documentos online disponíveis para todos os intervenientes. Entre outros aspetos, estas tecnologias permitem uma nova forma de comunicar, o que consequentemente se refletiu em novas possibilidades de gestão da informação e de trabalho, com estruturas colaborativas em tempo real (Hippert, M., et. Al., 2009).

A maioria das empresas no sector da construção, continua a empregar o sistema tradicional. Neste sistema os intervenientes trabalham em paralelo onde por vezes não existe uma forte interligação entre os projetistas das diferentes especialidades no desenvolvimento do projeto, o que se pode tornar prejudicial, na medida que não se conhecem com rigor os desenvolvimentos feitos por outros intervenientes, o que pode causar incompatibilizações e consequentemente a necessidade de, à posteriori, efetuar alterações. Este sistema de trabalho é ainda muito comum na construção em detrimento de outros modelos organizacionais colaborativos.

Sistemas de informação suportados por aplicações colaborativas, têm vindo já a ser implementados por algumas empresas. Estes sistemas permitem um armazenamento de toda a informação relevante sobre um empreendimento, desde o projeto, execução até à manutenção. Contudo a adesão a estes modelos de informação e comunicação mais complexos traz custos associados. Custos relacionados não só com as licenças de utilização, mas também a nível dos recursos humanos, na medida que exige uma formação prévia. Deste modo, a implementação destas ferramentas colaborativas na industria da construção não tem progredido de uma forma acentuada, sendo utilizada na sua maioria por empresas de grande dimensão e essencialmente com carácter experimental.

Em suma a adesão a este tipo de sistemas de informação possibilita uma gestão de toda a documentação produzida, facilita a comunicação e coordenação das atividades entre os vários intervenientes, evita conflitos e problemas resultantes de má qualidade e garante que todos os intervenientes têm acesso imediato ás versões mais atuais de cada documento produzido para o empreendimento, como por exemplo, atas, reuniões, comunicações, etc. (Guerrero, J., 2004).

2.3.2. INEFICIENCIA NA GESTÃO DA INFORMAÇÃO

A construção de um empreendimento é uma tarefa multidisciplinar e engloba um conjunto de documentos que devem apresentar o máximo de rigor possível. O desenvolvimento de um projeto, exige um elevado esforço por parte da empresa na organização e coordenação, sendo necessário compatibilizar os documentos produzidos pelas várias especialidades. A principal razão para este significativo esforço e consequentemente uma difícil gestão de projetos é a ineficiente troca de informação entre os participantes. Por esta razão é necessário a análise de algumas causas de tal ineficiência na gestão da informação na construção.

De acordo com um estudo realizado para o sector construtivo do Reino Unido em 2006, 30% dos custos estão relacionados com o desperdício resultante da divisão de processos e de falhas de comunicação entre os intervenientes. Estes resultados, embora não sejam do sector português, a sua viabilidade pode ser discutida no contexto da realidade nacional.

Um segundo estudo, realizado em 2007 pela McGraw Hill Construction, mostra que cerca de 3,1% dos custos da fase de projeto estão associados com o desperdício que se verifica com a falta de interoperabilidade entre os vários intervenientes. Este estudo, levado a cabo no EUA, contou com a participação de: projetistas, empreiteiros e donos de obra, contudo é de notar que estes resultados apenas tomam em consideração a percepção dos respondentes.

Outro estudo, produzido pelo NIST (National Institute of Standards and Technlogy), debateu-se sobre o tema da ineficiência da gestão da informação, e concluiu que os custos da falta de interoperabilidade no sector da construção são da ordem dos 15.8 mil milhões de dólares em 2002. Ainda de acordo com o mesmo estudo, cerca de dois terços deste valor são suportados pelos utilizadores. Embora estes dados sejam um pouco relativos, este estudo permite identificar áreas de intervenção prioritárias na área dos sistemas de informação para a construção.

Sabendo que os estudos acima descritos comparam a situação atual no sector da construção, com situações hipotéticas concebidas pelos autores. Deste modo torna-se evidente a diferença de resultados obtidos nos diferentes estudos.

A difícil quantificação dos custos provocados pela ineficiência da gestão da informação, leva a que a bibliografia encontrada seja apenas baseada em opiniões pessoais apresentando assim uma certa subjetividade. Esta dificuldade surge, por um lado, o impacto que um erro provoca no processo construtivo prolonga-se além da tarefa onde este erro foi cometido. Por outro lado, é praticamente impossível associar os erros a uma causa única, ou mesmo a uma causa principal. A forma atual de resposta a este problema é a tentativa de apontar os intervenientes responsáveis pela ocorrência de um qualquer erro. Na bibliografia é possível encontrar estudos que tentam dividir os custos dos erros na construção pelos intervenientes (Projetistas, Empreiteiros, Dono de Obra, etc.), ou pelas diferentes especialidades (fundações, estruturas, instalações, etc.). Contudo, estudos que analisem os erros cometidos na comunicação entre as várias especialidades, ou entre os diferentes intervenientes, ainda não são conhecidos (POÇAS MARTINS, J.P.D.S., 2009).

Devido à difícil quantificação dos custos provocados por erros relacionados com falhas de informação e comunicação, resta apresentar uma analise qualitativa do tipo de erros que podem surgir. Para tal ser possível é necessário analisar as tarefas que os diferentes intervenientes têm em comum:

- Recolha e registo de dados;
- Tratamento de dados;
- Comunicação/Partilha de resultados;
- Validação de resultados;
- Implementação.

De seguida são apresentadas alguns exemplos de ocorrências que propiciam o aparecimento de erros na realização das tarefas anteriormente descritas:

- Introdução de dados de forma manual e repetitiva: estudos recentes mostram que em diferentes sistemas do processo construtivo, há uma introdução de manual e repetitiva de informações.
- Erros/omissões/repetições de informação;
- Os intervenientes no processo, trabalham com versões diferentes da informação produzida.
- A necessidade de proceder a alterações obriga a uma atualização manual de desenhos e cálculos demorados.
- Comunicação difícil entre os participantes.

Os exemplos apontados, podem ser encontrados ao longo das varias fases do processo construtivo e podem ser resolvidos, principalmente aqueles relacionados com a partilha de informação, através da utilização de ferramentas simples disponíveis para todo o tipo de empresas do sector da construção.

Segundo Davenport (Davenport, Marchand 2000), esta dificuldade em associar benefícios a custos relacionados com investimentos em TI não é exclusiva da industria da construção.

Pode-se concluir que uma gestão ineficiente da informação provoca, geralmente maiores custos, atrasos e quantidades de trabalho, pelo que qualquer avaliação realizada sobre o impacto da adopção de SI deve incidir apenas sobre os aspetos qualitativos da gestão da informação de modo a garantir a qualidade final do produto.

2.4. FLUXOS DE INFORMAÇÃO EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO

2.4.1. INTRODUÇÃO

Em projetos de construção civil envolve grandes quantidades de informação e um vasto numero de intervenientes. O projeto deve ser encarado como um trabalho de equipa, sendo a sua dimensão variável com o tipo, grau de complexidade e requisitos do empreendimento (Sousa, H., 2003). Como exemplos do tipo de informação transferida entre os intervenientes existem os relatórios, documentos de apoio ao projeto e mesmo o próprio projeto que ao ser desenvolvido pelas diferentes partes deve ser convenientemente armazenado. De uma forma mais detalhada, um projeto engloba não só peças desenhadas, onde se apresenta uma descrição geométrica do empreendimento, mas também peças escritas como por exemplo especificações de materiais ou assessorias técnicas, como por exemplo a verificação da segurança, características ligadas ao ruído ou à acústica.

Outra razão pela qual a informação deve estar constantemente atualizada é o facto da haver necessidade de partilha de informação com outras entidades exteriores à empresa, além dos diversos técnicos pertencentes ao projeto, como por exemplo entidades licenciadoras, fornecedores de materiais, entre outros, por meio de pedidos de informação feitos submetidos.

Como foi referido, ao longo de um projeto são produzidas tanto peças escritas como peças desenhadas, e é necessário que esta informação esteja sempre disponível em tempo real para todos os intervenientes com o intuito de haver uma atualização continua do produto. A informação ao logo do desenvolvimento do projeto vai aumentando o nível de detalhe com que é utilizada (POÇAS MARTINS, J.P., 2009):

- Peças desenhadas: a um nível elementar, onde se define a forma e localização de cada elemento individualmente;
- Especificações técnicas do projeto: a um nível intermédio, definem-se regras de implementação de cada grupo de componentes em obra;
- Mapa de trabalhos e quantidades: a um nível operacional, associam-se os elementos da construção a artigos.

O conceito de "gestor de informação" tem sido debatido devido as atuais inovações tecnológicas no âmbito das TI. A troca de informação não só na fase de projeto, mas também nas fases subsequentes, leva à necessidade da existência de uma entidade que que garanta o correto fluxo da informação. De acordo com Calejo (Calejo, R., 2005), é fundamental garantir a condução e registo de toda a informação relacionada com a obra, tendo neste caso a equipa de fiscalização como “gestor de informação”.

O fluxo de informação inicia-se aquando do desenvolvimento do projeto e termina quando o empreendimento está pronto para ser utilizado. deste modo, é possível verificar que a informação toma um papel de elevada importância e o estudo do fluxo de informação pode permitir um avanço em direção a uma organização mais eficaz e consequentemente a obtenção de melhor qualidade.

Nos modelos tradicionais já mencionados em que os trabalhos são realizados em paralelo e sem qualquer tipo de ferramentas colaborativas que garantam a boa gestão do fluxo de informação, existe frequentemente uma grande dificuldade na difusão da informação por todos os intervenientes no processo construtivo. Este tipo de modelos são característicos de uma comunicação desordenada e do tipo "todos para todos" (Nascimento, L.A.D., 2004) (Figura 5).

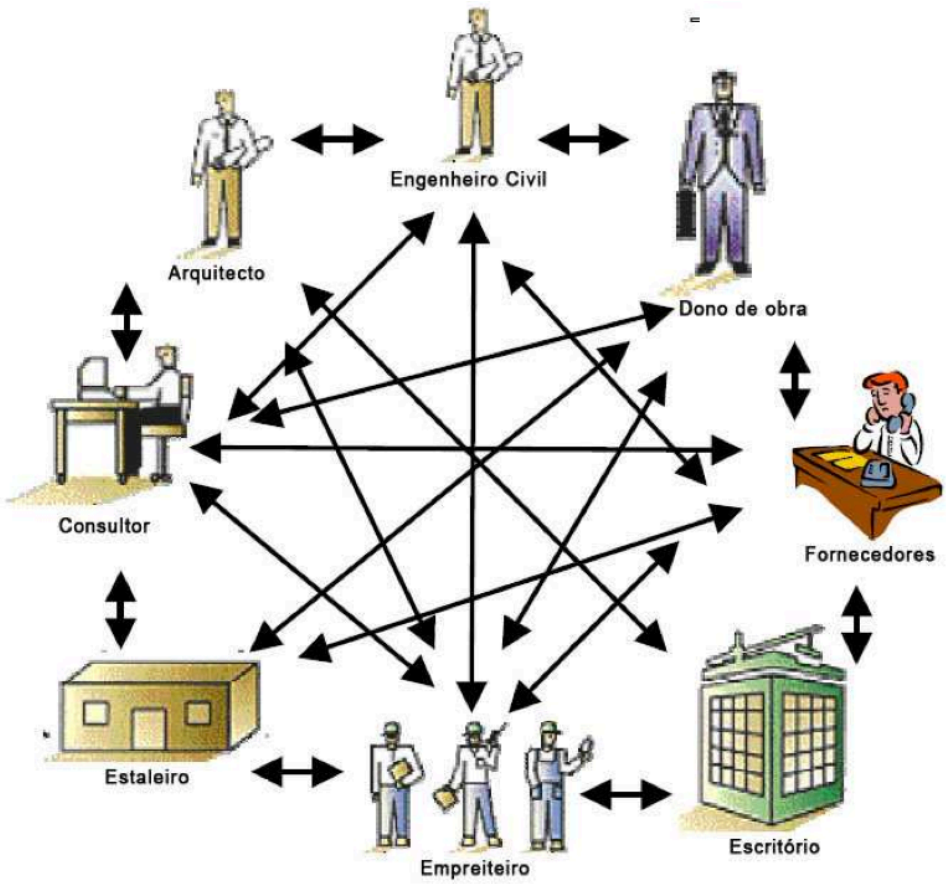


Figura 5 - Fluxo de informação n construção - desordenada (Lazaro, 2010)

Um dos problemas principais deste tipo de modelos de informação é a tomada de decisões sem o conhecimento apropriado, isto é, muitas vezes os técnicos adoptam uma determinada solução sem se efetuar um registo da solução tomada, podendo esta não chegar atempadamente aos outros intervenientes interessados. Esta situação cria dificuldades a nível da compatibilização dos projetos das diferentes especialidades e em ultima instancia a gestão geral da informação.

2.4.2. MODELO IDEAL DA GESTÃO DA INFORMAÇÃO

A alteração do modelo tradicional inicia-se com a adopção de ferramentas colaborativas que permitem que um fluxo de informação desordenado, se centralize, com a ajuda de um gestor, e se torne mais eficaz (figura 6).

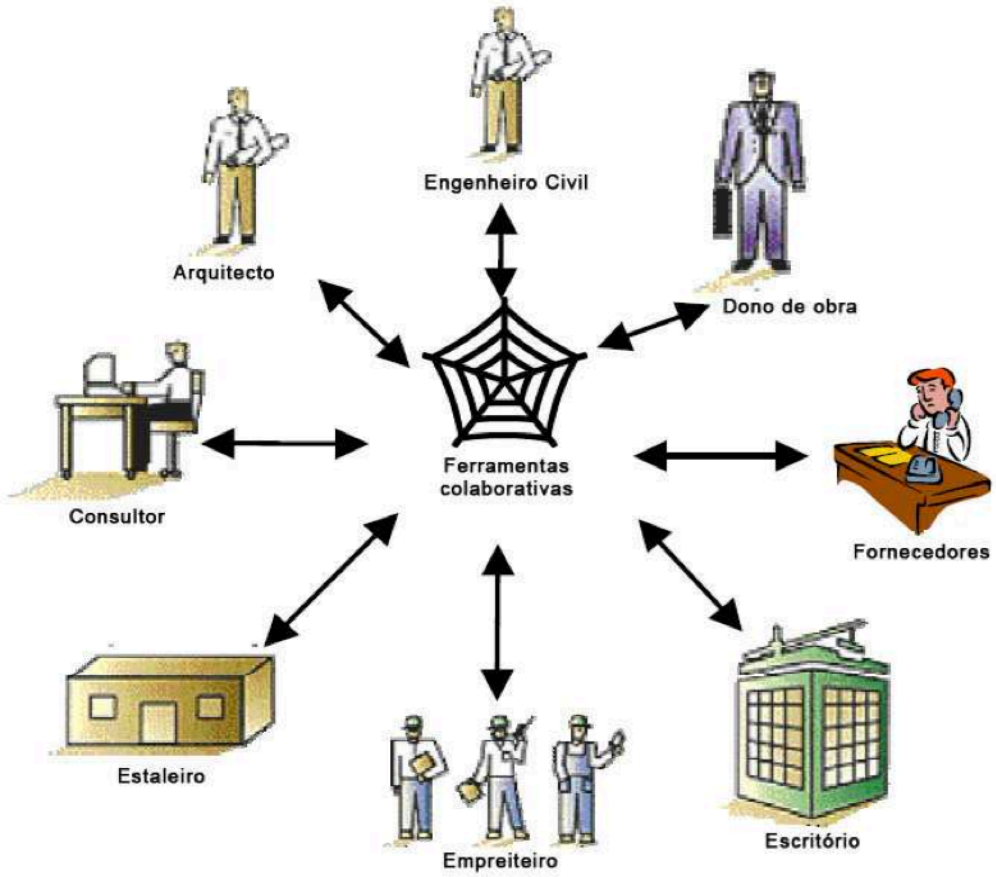


Figura 6 - Partilha da informação na construção com uso de ferramentas colaborativas (Lazaro,2010)

Na bibliografia consultada é possível encontrar vários aspetos para um bom modelo de informação. De seguida são apresentadas algumas características gerais que devem ser implementadas em modelos de gestão da informação no sector construtivo (POÇAS MARTINS, J.P., 2009):

- Deve ser evolutivo para acompanhar todas as fases do processo construtivo;
- 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.

2.4.3. ALTERAÇÕES NECESSÁRIAS

A alteração da situação atual é imperativa. Para se obter uma gestão da informação eficaz através da implementação de modelos mais complexos, é necessário adoptar algumas mudanças (POÇAS MARTINS, J.P., 2009):

- Padronização do produto: soluções cada vez mais estandardizadas devem ser estimuladas

de modo a atrair mais o interesse publico. Soluções como a pré-fabricação, estão disponíveis no mercado embora ainda não se usufrua ao máximo do seu potencial.

- Padronização de atividades de projeto: é necessário procurar soluções que consigam melhorar o sector da construção, nomeadamente, diminuir custos e aumentar a qualidade.

Ao longo deste trabalho tenta-se demostrar de que modo as tecnologias de informação existentes na atualidade respondem a esta necessidade.

Neste sentido, têm sido realizados diversos trabalhos a nível internacional pela International Alliance for interoperability (IAI), com o objetivo de definir e promover especificações para a industria da construção. Um dos exemplos desenvolvidos por esta entidade é o formato IFC – Industry Foundation Classes. Este permite uma troca de dados referentes a um modelo descritivo de um edifício, através de um sistema neutro que permite a leitura e edição dos dados por aplicações diferentes.

3
MODELOS DE INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO

3.1. SISTEMAS E MODELOS DE INFORMAÇÃO

3.1.1. ASPECTOS GERAIS

No presente subcapítulo, pretende-se apresentar a definição de alguns dos conceitos principais para o desenvolvimento deste trabalho, com as seguintes características:

- Serão definidos os conceitos de "tecnologia", "sistema" e "modelo" de informação;
- Será também abordada a questão da interoperabilidade, isto é, a explicar a importância da compatibilização de formatos utilizados na construção.
- Serão apresentados os sistemas ERP e BIM como tecnologias a implementar para uma otimização da gestão da informação na construção, sendo ainda abordado o papel atual das aplicações informáticas utilizadas no interior das organizações.

3.1.2. CONSCIENCIALIZAÇÃO HISTÓRICA

3.1.2.1. Utilização de computadores no desenvolvimento de projetos de construção civil

Por volta dos anos 60, devido ao desenvolvimento de softwares especializados, como por exemplo dimensionamento de transportes, consumo de energia, entre outros, considerou-se que os computadores tinham a capacidade de projetar. Até então, e apesar dos primeiros computadores terem sido desenvolvidos algumas décadas antes, a utilização destes em projetos era praticamente inexistente (Brito, A., 2001).

No entanto, os intervenientes no processo depararam-se com uma realidade muito mais complexa e com muito factores que deveriam ser tomados em consideração, deitando abaixo a ideia existente de automatizar totalmente o processo construtivo.

Apesar de a ideia inicial ter falhado, descobriu-se que há tarefas especificas que podiam e deviam ser automatizadas. Utilizando ferramentas simples tais como folhas de calculo, sistemas de armazenamento de dados e processadores de texto, era possível automatizar atividades o que consequentemente tornava o processo mais rápido e eficaz permitindo um aumento do fluxo de informação.

Na década de 80, há o aparecimento de novas ferramentas especializadas, que vêm ajudar na gestão dos projetos, nomeadamente os sistemas de desenho assistido por computador (CAD). Foram assim criadas as chamadas "ilhas de automação" (Nascimento, L.A. e Santos, E.T., 2002b), onde estas ferramentas eram utilizadas de forma independente em departamentos pelas organizações. Contudo

apesar das grandes capacidades destas novas ferramentas, de se acreditar que a tecnologia era a resposta para um processo de construção sem erros e dos contínuos desenvolvimentos nesta área, em 1998 havia autores que defendiam que existiam ainda muitas funções que era necessário melhorar (Lawson, B., 1998).

Uma diferença significativa da evolução do computador é a maneira como é vista a sua função no processo, algumas das expectativas, tais como a substituição do homem pela maquina no ato de projetar, foram substituídas pela ideia de que o computador é uma excelente auxiliar ao homem no ato de desenvolver o projeto, realizando as tarefas mais árduas e complexas. Por outro lado ideias tais como desenhos em 3D foram tornadas realidade, permitindo uma nova perspectiva sobre como o projeto é visto levando a projetos mais eficientes.(Brito, A., 2001)

3.1.2.2. Sistemas CAD: origem e evolução

Na publicação da sua tese de doutoramento, intitulada *A Man-machine Graphical Communication System,* Ivan Sutherland, desenvolveu o primeiro sistema de desenho assistido por computador (CAD) Sutherland, I., 1963). Na década de 70, com a produção em massa de monitores CRT surgiram as primeiras aplicações práticas desta tecnologia, sendo apenas uma ferramenta de desenho. O preço elevado com que foi comercializado foi considerada a principal causa para a sua fraca difusão no mercado (Brito, A., 2001). Em 1982 surgiu o AutoCAD 1.0, embora a sua utilização fosse ainda escassa.

A partir da década de 90, houve um desenvolvimento acelerado desta tecnologia e a continua facilidade de aquisição de equipamentos deram um grande impulso na difusão deste sistema. Graças á informatização dos seus departamentos, as empresas tornaram-se capazes de comunicar muito mais fácil e eficazmente. Algumas empresas adaptaram-se ás novas tecnologias até ao ponto de mudar a forma como operavam recriando um novo modelo com o intuito de melhorar a maneira como trabalhavam.

As indústrias automóvel e aeronáutica foram as primeiras a tirar partido da tecnologia CAD enquanto uma entidade distinta da simples automatização dos processos de desenho. As aplicações CAD permitiam a representação de superfícies curvas, o que não acontece, de forma satisfatória, nos desenhos bidimensionais.

Atualmente, o uso dos sistemas CAD em projetos de construção é praticamente indispensável, sendo utilizado pela grande maioria dos profissionais da indústria da construção.

3.1.3. TECNOLOGIAS, SISTEMAS E MODELOS DE INFORMAÇÃO

3.1.3.1. Tecnologias de Informação

As tecnologias de informação podem ser definidas como a utilização de aparelhos electrónicos e programas informáticos, no processamento, armazenamento, transferência e apresentação de informação. Nos primórdios da sua utilização as TI eram utilizadas principalmente para o processamento de dados sendo chamadas de "processadores electrónicos de dados".

As tecnologias de informação (TI) ou também chamadas de Tecnologias de informação e comunicação ocupam uma função importante no sector da construção.

> "*As tecnologias de comunicação são hoje em dia uma importante parte das TI. Não só os computadores e o seu software, mas também dispositivos tais como o telemóvel, a*

fotocopiadora e os fax, deviam assim ser incluídas nesta definição de TI" (Björk, Bo-Christer 1999).

"A escolha dos diversos tipos de hardware, das formas de comunicação de dados entre os diversos computadores, das linguagens e produtos de desenvolvimento de aplicações, da optimização da organização física dos dados em bases de dados, da configuração dos sistemas operativos e dos sistemas gestores de bases de dados (SGBD)" (Pereira 2005).

"A informação tornou-se o recurso principal, capaz de nos permitir os melhores resultados no uso de outros recursos. A informação tem que ser gerida" (Allen and Hinks 1996).

Num mercado cada vez mais diversificado e competitivo, onde os avanços tecnológicos são exponenciais torna-se fundamental explorar as novas oportunidades existentes ao nosso serviço. No caso da construção estas novas tecnologias são de grande utilidade, devido á inúmera quantidade de informação que precisa de ser gerida e ao grande numero de intervenientes, pelo que são necessários meios eficazes de organização e de comunicação.

A introdução das tecnologias de informação e comunicação visam fundamentalmente (Fonseca 2008):

- Aumentar consideravelmente as comunicações e trocas de dados a curta, média e longa distância;
- Obter ferramentas para tratamento e processamento de dados;
- Gestão da informação;
- Obter um ou mais sistemas de consulta de informação - repositórios;
- Obter meios para validar os trabalhos e estudos feitos;
- Libertar a mão-de-obra de certos trabalhos, através da automação de processos, dando mais espaço à inovação e criatividade;
- Aumentar a produtividade dos processos;
- Ganhar vantagem competitiva sobre a concorrência;
- Ir ao encontro das expectativas dos clientes e fornecedores;

3.1.3.2. Sistemas de Informação

3.1.3.2.1. Conceito

os SI são definidos como a combinação de informação, processos (práticas de trabalho), pessoas e TI. Estes são organizados tendo em vista dois objetivos (Francisco Loforte Ribeiro 1997):

- Assegurar uma eficiente assimilação das TI nas organizações que as usam através de sistemas e aplicações;
- Contribuir para a realização com sucesso da missão e objetivos dos negócios das organizações.

Ainda de acordo com o mesmo autor, nos sistemas de informação, as pessoas e a tecnologia, manipulam a informação de modo a atingir objetivos previamente definidos.

Na bibliografia consultada é possível encontrar definições propostas por diferentes autores:

De uma forma simples, pode afirmar-se que os sistemas de informação se apoiam na tecnologia de informação para atingir os seus fins (Correa 2004).

"Um sistema de informação representa todas as componentes dinâmicas da organização que incluem, entre outros, o hardware, o software, as regras e metodologias de desenvolvimento, as pessoas e a estrutura da organização que permitem a recolha e a agregação de dados, a

sua análise e apresentação de forma a tornar mais eficientes os processos administrativos e mais eficaz o processo de tomada de decisão" (Pereira 2005).

"Um sistema de informação é um sistema que recolhe, processa, armazena e distribui informação a quem necessita" (Buckingham 1987).

Uma definição encontrada na bibliografia compara a composição dos sistemas de informação com a composição de um edifício. De mesma forma que um edifício é composto por um conjunto de características tais como: tipo de materiais, equipamentos utilizados e até o conhecimento aplicado na sua construção sob a forma de arquitetura e engenharia, também os sistemas de informação não se baseiam só nos computadores. Sendo apenas possível conhecer um SI na medida em que sabemos os problemas que este é capaz de resolver, a sua estruturação, e os elementos que o compõem (Laudon, Laudon 2006).

As exigências, as especificações técnicas e os métodos construtivos são únicos de projeto para projeto, e neste sentido é extremamente importante que estes Sistemas de Informação sejam flexíveis e adaptáveis a diferentes tipos de projetos (Roldão 2010).

3.1.3.2.2. Classificação de Sistemas de Informação

As empresas necessitam de diferentes tipos de sistemas de informação para dar apoio a tomadas de decisão e a atividades de trabalho em diferentes níveis organizacionais. Para dar resposta à pressão competitiva do mercado, muitas destas empresas optam pela utilização de sistemas com maior abrangência que integram informação de várias áreas funcionais.

De seguida é apresentada uma classificação para os sistemas de informação baseada no nível organizacional onde são utilizados (Figura 7)(Laudon e Laudon, 2006):

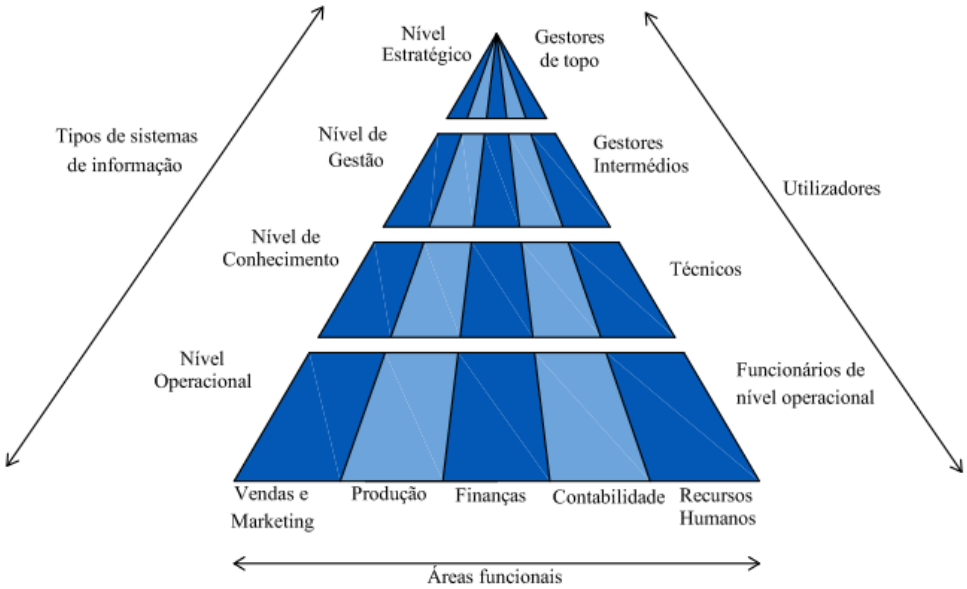


Figura 7 - Tipos de sistemas de informação. Adaptado de (Laudon,Laudon, 2002)

Existem 4 tipos principais de sistemas de informação que dão apoio aos deferentes níveis organizacionais: sistemas de nível operacional, sistemas de nível de conhecimento, sistemas auxiliares

ao nível de gestão, e finalmente sistemas de informação ao nível estratégico.

Os sistemas de apoio ao nível Funcional permitem a gestão das atividades elementares e das transações feitas pela empresa como por exemplo: faturas, depósitos monetários, ordenados, decisões sobre créditos, stock de materiais etc. O principal objetivo dos SI a este nível é o de dar resposta ás questões rotineiras e para manter um registo atualizado das transações realizadas pela empresa. Um exemplo de sistemas de nível operacional é o caso de um sistema capaz de gerir automaticamente as transações realizadas ou que seja capaz de registar o tempo de trabalho de cada funcionário num determinado empreendimento.

Os sistemas ao nível do Conhecimento são atualmente os SI mais amplamente utilizados nas variadas indústrias essencialmente para ajudar na integração de novos conhecimentos e no controlo do fluxo da documentação. Normalmente estes serviços estão centralizados nas sedes administrativas das empresas, podendo haver escritórios em obra para apoio direto.

Os sistemas ao nível de Gestão assistem a monitorização, o controlo, a tomada de decisões e as atividades administrativas dos Gestores Intermédios. A questão principal abordada por estes sistemas é a do estado de desenvolvimento das tarefas, isto é, se o funcionamento da organização é o pretendido. Sistemas deste tipo, em vez de informações em tempo real do estado dos trabalhos, fornecem essencialmente relatórios periódicos com o objetivo de verificar se os custos reais excedem os planeados.

Contudo outros sistemas ao nível da gestão dão resposta a outras questões não rotineiras da empresa. Estes sistemas tentam perceber de que modo certas mudanças estratégicas afetam o funcionamento dos trabalhos. Um exemplo especifico para o sector da construção é: O que aconteceria se uma tarefa do caminho critico se atrasasse 3 semanas? As respostas a este tipo de situações exige muitas vezes informação exterior á empresa, sendo difícil dar-lhes resposta através de sistemas de nível operacional.

Os sistemas de nível estratégico dão apoio aos gestores de topo nas questões relacionadas com a estratégia e a evolução da empresa a longo prazo. O seu principal objetivo é o de fazer corresponder a evolução do mercado com a capacidade da organização. Estes SI tentam dar resposta a questões do tipo: qual vai ser o nível de desemprego no país em 5 anos? Que tipo de produtos a nossa empresa deve produzir daqui a 5 anos?

Os sistemas de informação abrangem ainda as principais áreas funcionais, e entre as apresentadas na figura 7, interessa focar na área da produção, pois no sector da construção civil, este tipo de sistemas irá muito possivelmente apresentar um maior crescimento nos próximos anos. Os sistemas de produção são os responsáveis pela criação propriamente dita de um produto.

3.1.3.3. PLM – *Product Lifecycle Management*

Os sistemas de gestão do ciclo de vida de produtos tem demonstrado uma significativa importância nas industrias, como por exemplo a industria automóvel ou aeroespacial. Estes sistemas acompanham um produto desde a concepção, passando pelo projeto, fabricação, manutenção e finalmente eliminação (CIMdata, 2011). Os sistemas PLM permitem integrar pessoas, dados, processos e sistemas de negócio e funcionam como base principal para a informação das empresas (Figura 8) (TechnologyGuide 2008).

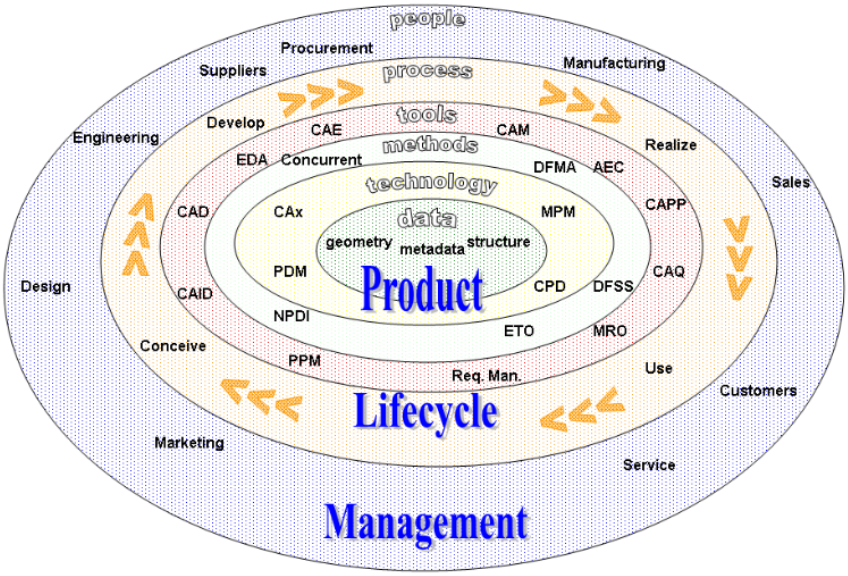


Figura 8 - Esquema da filosofia PLM (Absoluteastronomy.com)

Os sistemas baseiam-se num repositório de dados que organiza a informação necessária ao desenvolvimento de qualquer produto (Laudon e laudon, 2006). Este repositório de dados pode conter informação sobre fornecedores, materiais ou a descriminação das suas características e são frequentemente ligados a um sistema CAD (Poças Martins 2009). Inicialmente, o PLM surgiu associado a ferramentas CAD (Computer aided design), CAM (computer aided manufacturing) e PDM (Product data management), contudo pode ser entendido como a combinação destas ferramentas com novos métodos, pessoas, e processos ao longo de todas as fases do processo construtivo (Teresko 2004). O PLM não se trata apenas uma tecnologia de software mas é também uma estratégia de negócio (Stackpole, 2003). Os BIM, abordados no presente trabalho, enquadram-se neste tipo de sistemas.

Através da capacidade de integrar todos os dados e processos relacionados com um produto e eliminar barreiras ao longo da cadeia de valor, os sistemas PLM podem reduzir significativamente as tarefas desnecessárias e possibilitar a colaboração em tempo real dos intervenientes, utilizando sempre um conjunto sólido de informações. De seguida são descritas as vantagens decorrentes da utilização destes sistemas (TachnologyGuide, 2008):

- promover a inovação;
- aumento das receitas;
- aumento da produtividade;
- redução de custos;
- maior garantia de qualidade e conformidade;
- redução do tempo de chegada aos mercados.

Um estudo realizado pela Capgemini Pulse, inquiriu 40 participantes da conferencia da UGS obtendo os seguintes resultados: 60% dos inquiridos responderam a flexibilidade como sendo a característica mais importante dos sistemas PLM, 35% identificou a redução de tempo para chagar ao mercado como o maior beneficio e 55% disse que a promoção da inovação é a principal razão pelo qual utilizam os sistemas PLM nas suas organizações.

3.1.3.4. Modelos de Informação

3.1.3.4.1. Conceito

Antes de começar a entrar na especificidade do sector da construção, é necessário definir o conceito de Modelo de Informação, veja-se uma definição proposta por Lee (Lee, 1999):

"Em termos de engenharia de software, um modelo de informação define-se como a representação de conceitos, inter-relações, conflitos, regras e operações para especificação de dados relativos a um domínio em particular, abordando os seus requisitos de informação, de forma partilhada e estável, segundo uma estrutura organizada".

A implementação dos CAD na industria da construção permitiu a modelação de edifícios passar a outro nível. Com estas novas tecnologias foi possível, não só, introduzir relações paramétricas entre objetos como também adicionar informação mais detalhada sobre as características do edifício. Os primeiros modelos de informação foram introduzidos na década de 70 e funcionavam como formatos de representação padrão de produtos de construção. Contudo, estes modelos não interagiam com as aplicações utilizadas na altura, mostrando dificuldade em coordenar os trabalhos das diferentes especialidades, pelo que na generalidade não foi aceite nem constituído como padrão de utilização por parte da comunidade técnica (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

Segundo o Northern European Subset Group (NES, 2007), existem um conjunto de características que devem ser apresentadas por um modelo de informação. O modelo deve ser consistente e robusto para permitir a definição e aplicação de regras. A sua manutenção deve ser fácil, de modo a que as alterações sejam introduzidas uma só vez e que as atualizações se procedam suavemente. A interpretação dos modelos deve também ser fácil, de modo a permitir uma utilização global, não especifica apenas aos verdadeiramente entendidos. Em relação á informação gerada pelos modelos, esta deve, por um lado ser perfeitamente definida e clara e por outro todo o tipo de documentação produzida relativa aos outputs deve ser automaticamente gerada. Os conceitos gerais que estão na base dos modelos de informação são depois aplicados com maior especificação nas diferentes industrias, como por exemplo na industria da construção.

3.1.3.4.2. Modelos de dados e Modelos de Informação

A passagem entra a fase geral e a fase específica, ganha importância pelo facto de os modelos de informação surgirem como técnicas para a especificação de formalismos do domínio em questão sem limitar ou constranger o modo como essa aplicação é mapeada na implementação para uma aplicação informática. (Lee, 1999). Deste modo, para um dado mapeamento, ou por outras palavras, modelo de dados, é possível utilizar diferentes tipos de linguagens de programação para converter o modelo numa aplicação em concreto.

A modelação de dados, segundo Ambler (Ambler 2010), é definida como o ato de analisar estruturas de dados, com o intuito principal de suportar o desenvolvimento de sistemas de informação, através da definição e formatação da informação. A diferença entre modelos de dados e modelos de informação é ténue. A principal diferença entre ambos é a característica limitativa dos modelos de informação, sendo estes utilizados para modelos específicos e individuais, como por exemplo em edifícios.

Ainda segundo o mesmo autor, a modelação de dados, pressupõe a execução de um conjunto de tarefas, de modo a que se decorra de forma eficiente:

- Identificação das entidades tipo
- Identificação dos atributos
- Aplicação das convenções de nomenclatura
- Identificação das relações
- Aplicação dos padrões dos modelos de dados
- Atribuição de chaves às entidades, atributos e relações
- Normalização para redução da redundância de dados
- Desnormalização para otimização da consulta dos dados

3.1.3.4.3. Distinção entre Modelos de Informação Completos e Parciais

A definição dos conceitos de 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 atividades concretas realizadas pelos intervenientes do processo construtivo. Estes apresentam objetivos e campos de aplicação distintos, embora possam (e devam) ser compatíveis.

Os modelos têm como principal objectivo, prever e retratar o comportamento de um produto como se este existisse na realidade. Apesar das diferenças entre os modelos, todos os eles são "parciais" no sentido que todos os modelos são derivados da realidade por supressão de detalhes considerados desnecessários ou simplesmente de difícil programação. As comunidades académicas demonstram interesse por modelos "completos" pelo facto de a partir destes ser possível representar, de forma completa, um produto de construção ao longo de todo o seu ciclo de vida e posteriormente exportar estas informações entre diversas aplicações, por exemplo, CAD, aplicações ERP, etc.

De seguida são apresentadas na tabela 2 as principais diferenças entre os modelos analisados.

Tabela 2 - Modelos Completos e Parciais (síntese)

	Modelo Completo	Modelo Parcial
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 top-down	Abordagem minimalista do tipo bottom-up
Intervenientes no processo de desenvolvimento	Equipa restrita centraliza desenvolvimento	Disseminação de equipas de desenvolvimento
Envolvimento da comunidade de utilizadores	Aplicações praticas 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
Adoção	Demorada	Adoção ou extinção rápidas
Exemplos	ISO-STEP, IFC	TCP/IP, HTML, XML, SQL, C

Nos últimos anos, tem sido possível assistir a tentativas de construir um modelo completo a ponto de conseguir definir características físicas e outras propriedades de cada elemento de construção. Tais iniciativas foram desenvolvidas com base no programa ISO-STEP. Este projeto pretende desenvolver modelos para produtos (como por exemplo produtos de construção) independentemente do tipo de aplicação informática (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

Contudo, a adoção de modelos completos apresenta também algumas desvantagens. A dificuldade de atualização do modelo ou a introdução de alterações nos processos de trabalho são algumas das desvantagens inerentes a este tipo de modelos. Por um lado, a introdução de novos materiais implicaria uma atualização constante e uma necessidade de validação de toda a informação antes de a incluir no modelo. Por outro, apesar de ser evidente que este tipo de abordagem poderia reduzir o trabalho relacionado com a introdução de dados, considera-se que estes modelos poderão condicionar a adoção de soluções construtivas, dificultando a implementação de solução que não sejam totalmente abrangidas pelo modelo. Consequentemente iria haver a necessidade de criar soluções alternativas como por exemplo novos componentes e regras que permitissem editar o modelo inicial, sendo necessário, por parte dos utilizadores, o domínio de um conjunto de operações complexas que atualmente muitos deles não possuem.

Alguns autores simplesmente insinuam que a introdução de toda a informação relacionada com um edifício num formato digital é dispendiosa, ineficiente e desnecessária (Johnson et al. 1999). Outros apontam a lentidão do seu desenvolvimento e a elevada complexidade à sua implementação (Behrman, 2002).

3.2. "ENTERPRISE RESOURCE PLANNING" (ERP)

3.2.1. ASPETOS GERAIS

ERP é a abreviatura para Enterprise Resource Planning, cuja tradução livre pode ser Sistema de Gestão Integrado. Na bibliografia á possível encontrar várias definições de ERP, contudo, na generalidade, todas elas apresentam uma noção muito aproximada: Um sistemas de gestão integrado, que dando um uso eficaz dos recursos, representa as técnicas e conceitos necessários para a gestão dos sectores que dividem uma empresa, tratando-os como um todo, com o intuito de melhorar a eficiência da gestão.

Ao longo dos últimos anos, os sistemas ERP, têm sido alvo de muita atenção. contudo, os projetos ERP têm apresentado, frequentemente, um risco e uma complexidade determinantes para o fracasso da sua implementação nas empresas, pelo que o estudo de soluções para a sua eficaz implementação é de grande importância.

Os sistemas ERP são, de uma forma geral, softwares empresariais que abrangem os vários sectores de uma empresa, tratando de dados relativos a vendas, produção, compras, entre outros, que posteriormente vão auxiliar na tomada de decisões operacionais, isto é, estas ferramentas são úteis a um nível baixo na hierarquia, controlando o funcionamento rotineiro da empresa, embora não sejam usadas diretamente na tomada de decisões estratégicas, de nível superior (POÇAS MARTINS, J.P., 2009), (Leon, Alexis, 2007), (figura 9).

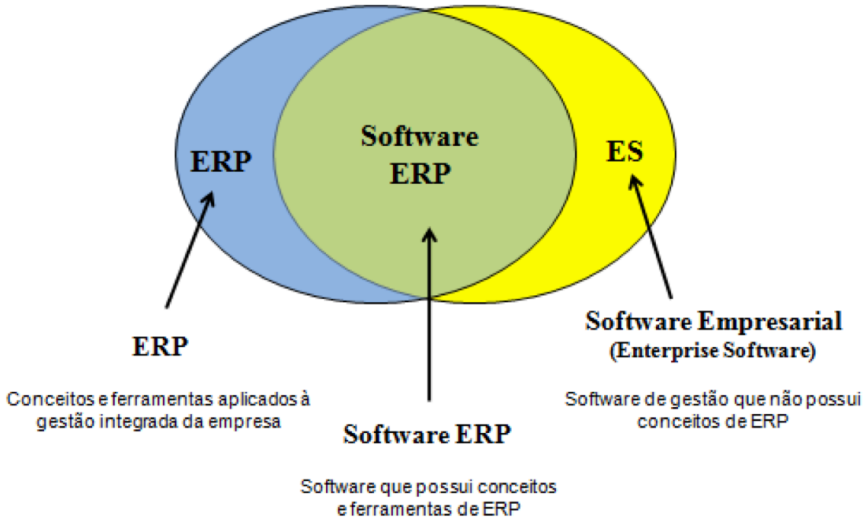


Figura 9 - Software ERP

Os sistemas ERP, apesar de estarem atualmente divulgados nas empresas da construção, inicialmente foram desenvolvidos para ajudar no controlo da produção e gestão das áreas financeiras da industria transformadora. A adaptação destes sistemas a outras indústrias permitiu a sua divulgação a nível mundial. Um software ERP tem como objetivo recolher e partilhar informação importante proveniente de todos os sectores, utilizando aplicações informáticas distintas e uma base de dados acessível a todos os intervenientes, de maneira a automatizar os processos utilizados pela empresa, permitir a obtenção de maior produtividade e consequentemente reduzir custos.

A implementação de um software ERP numa empresa não significa que a gestão apresente melhorias. Este tipo de softwares são habitualmente adquiridos como um pacote, eventualmente adaptável ás características de cada organização utilizando um conjunto de módulos opcionais específicos e só é possível atingir melhorias caso todos os dados necessários à parametrização sejam corretamente inseridos. Em determinados casos a tentativa de implementação destes sistemas piora a performance da organização.

Em alternativa, o desenvolvimento de raiz de um sistema simplificado, é uma das soluções para tentar responder às necessidades da empresa.

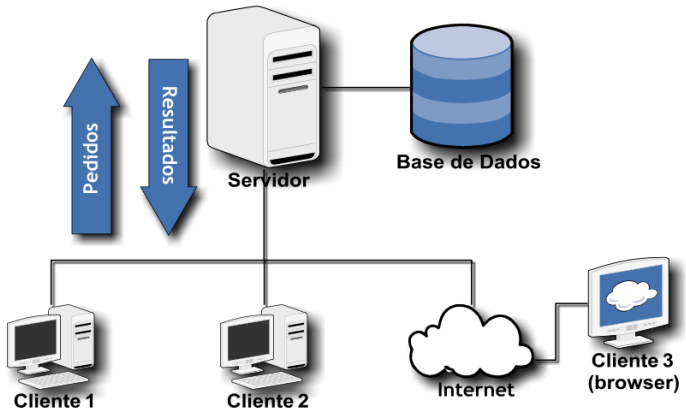


Figura 10 - Arquitetura Cliente – Servidor (POÇAS MARTINS, J.P., 2009)

3.2.2. SISTEMAS ERP: VANTAGENS E OPORTUNIDADES

de seguida são apresentadas as potenciais vantagens obtidas da implementação de sistemas ERP (Laudon, Laudon, 2002):

- **Estrutura e organização da empresa**

• Os sistemas ERP podem contribuir para o desenvolvimento da estrutura de uma empresa, por exemplo, no caso das empresas de construção que muitas vezes têm a sua sede administrativa longe das zonas onde efetivamente se está a construir, estes sistemas permitem uma diminuição ou mesmo eliminação da influencia da distancia física no que respeita a transferência de informação. Outro aspecto é a capacidade destes sistemas de automatizar e uniformizar os processos de trabalho, permitindo uma organização trabalhar de forma igual em vários locais distintos.

- **Processos de gestão baseados em conhecimento**

A possibilidade de ter a informação disponível em tempo real permite tomadas de decisões não só com uma visão global da situação da organização mas também com uma visão mais detalhada de todos os sectores que a constituem.

- **Plataforma tecnológica unificada**

O principal problema da dispersão da informação é a dificuldade de determinar qual a informação importante e qual a que não apresenta utilidade. De modo a responder a este problema, os sistemas ERP, promovem uma uniformização de toda a informação, criando um único repositório de informação, padronizando todos os dados utilizados na organização.

- **Operações mais eficientes e processos de negócio orientados pelo cliente**

Com a utilização deste tipo de sistemas, a organização pode tornar-se muito mais eficiente, pelo facto de permitirem , através da programação de rotinas, a antecipação de eventos, influenciando diretamente o cliente e também os fornecedores e facilitando a partilha de informação entre todos os intervenientes. Um exemplo onde estes sistemas são utilizados é o caso da gestão do volume do inventário de um empresa, onde é possível orientar a quantidade de produção em factor da quantidade de encomendas. Tal tecnologia pode ser adaptada ao sector da construção essencialmente na fase de projeto e na nas tarefas relacionadas com o stock de materiais em obra.

3.2.3. SISTEMAS ERP: DESVANTAGENS E AMEAÇAS

Apesar do grande reconhecimento e aceitação dos sistemas ERP nas organizações, algumas criticas têm sido dirigidas a este tipo de sistemas, tanto de um ponto de vista técnico como de uma perspectiva empresarial (Davenport, T., 2000). Algumas das razões pelas quais os ERP são alvo de criticas são descritas em seguida (Laudon, Laudon, 2002):

- **Inflexibilidade**

Os sistemas ERP são muitas vezes apontados como inflexíveis, pois as organizações ao adoptarem estes sistemas ficam com os seus processos parametrizados de uma forma padrão, criando assim um repositório de informação de certa forma rígido, tornando difícil a introdução de alterações a essa estrutura de dados inicial (Themistocleous, M., et al, 2001). Contudo isto apenas acontece quando as organizações querem um sistema ERP menos dispendiosos, com um menor tempo de implementação e consequentemente com um uma menor parametrização.

- **Implementação difícil**

Uma das maiores dificuldades na implementação dos ERP é o próprio período de implementação do sistema. Quando uma empresa adere aos sistemas ERP, os seus procedimentos e até a cultura da organização sofrem alterações significativas, sendo ainda necessário permitir que o funcionamento não seja interrompido. Em grandes empresas, o período de implementação pode ir de 3 a 5 anos, o que os críticos consideram que é um período muito longo.

- **Custos iniciais elevados**

O custo associado a estes sistemas é elevado pois, por exemplo, o facto de se basearem em utilizadores individuais faz com que seja necessário a compra de licenças individuais resultando num custo elevado de utilização do sistema (TCO – Total Cost of Ownership, em inglês) e tornando bastante difícil a atualização do software para as versões mais modernas destes sistemas (Markus, L., et al. 2000). Deve ainda ter-se em consideração os custos associados a quebras de produtividade, custos de formação, entre outros, que vão variar dependendo da empresa. Os custos de aquisição do software podem variar significativamente, desde algumas centenas de milhar até alguns milhões de euros em função da marca ou das funcionalidades oferecidas. Uma regra empírica sugere que o custo total de um sistema ERP, incluindo os chamados custos ocultos, será de cerca de seis vezes o valor da licença de utilização (Koch 2006).

Existem ainda no mercado soluções ERP livres, sem custos de aquisição. Em alguns casos, as organizações que desenvolvem estes produtos vendem módulos adicionais a instalar sobre o produto base ou prestam serviços de consultadoria, de implementação ou de manutenção do sistema.

- **Desperdício de vantagens decorrentes da especificidade das empresas**

Por um lado, certas empresas que apresentam processos de trabalho específicos e que lhes confere vantagens competitivas em relação a outras do mesmo sector, podem ficar a perder com a implementação de sistemas ERP caso estes não se adaptem corretamente aos referidos processos da empresa. Por outro, os sistemas ERP apresentam uma gestão e um controlo com elevado rigor hierárquico assumindo que a informação deve ter uma gestão centralizada e que as empresas apresentam estruturas hierárquicas devidamente definidas. Alguns autores, como por exemplo Davenport, defendem que na maioria das organizações existe esta estrutura hierárquica bem definida, contudo para aquelas em que tal não acontece, existem soluções tais como a possibilidade de implementação de um sistema ERP para cada uma das unidades de trabalho, ultrapassando assim essa limitação (Davenport, T., 2000)

3.2.4. O FUTURO DOS SISTEMAS ERP

De seguida são apresentados os potenciais campos de investigação no âmbito dos sistemas ERP (Elragal, A., Haddara, M., 2012):

- **Redes sociais**

As redes sociais são um fenómeno de crescimento nos dias correntes e uma das principais características é a adaptabilidade das pessoas á sua utilização. A integração dos sistemas ERP nas redes sociais pode diminuir o período de implementação de forma significativa, diminuir o volume de investimentos e aumentar ainda o retorno do investimento efetuado.

- **Computação em Nuvem (*Cloud computing*)**

Este conceito têm sido adoptado com muito sucesso nos últimos anos e apresentam um potencial capaz de reajustar a forma como as tecnologias de informação são utilizadas. A computação em

nuvem é definida não só como as aplicações entregues como serviços, mas também os sistemas informáticos e o hardware que providenciam esses serviços (Armbrust, M., et.al. 2010). Contudo, são necessários mais esforços de investigação para otimizar a forma como os serviços podem ser melhorados com o conceito de computação em nuvem.

- **Decisão 2.0**

De uma forma generalizada, os sistemas ERP têm se baseado em apoiar processos e funções chave das empresas, resultando na estandardização do funcionamento da organização. Contudo, hoje em dia, é necessário apoiar a tomada de decisões. Uma tomada de decisão é considerada bem sucedida quando consegue responder aos objetivos inicialmente propostos. Deste modo, uma nova forma de encarar as tomadas de decisão é a de incluir a inteligência e os conhecimentos coletivos utilizando a internet para se atingir uma decisão bem informada.

3.3. BIM – "BUILDING INFORMATION MODELING"

3.3.1. DEFINIÇÃO

De acordo com Kiviniemi (2008), Building Information Modeling (BIM) é uma representação digital das características físicas e funcionais de um edifício. Como tal, é utilizado para partilhar informação sobre o empreendimento, formando assim uma base segura de apoio à decisão durante a vida útil do edifício. A premissa principal é a colaboração entre os diferentes intervenientes ao longo de todas as fases do processo construtivo, e foi desenvolvido com o intuito de introduzir, extrair, atualizar ou mudar dados em todas essas fases, e assim permitir uma maior colaboração entre os intervenientes (Ham et al., 2008).

3.3.2. BENEFÍCIOS

Desde o inicio de cada projeto, todos os intervenientes beneficiam da utilização do BIM. Eficiência, maior rapidez de detalhe e produção e uma capacidade melhorada de automação e redução de erros causados por falta de coordenação. (Eastman, Lee e Sacks, 2003).

Através de uma visualização melhorada sobre as propostas no inicio do projeto, modelos 3D permitem um estudo mais detalhado das várias soluções permitindo uma escolha mais acertada. Isto permite uma melhor avaliação do próprio edifício. Deste modo, os projetistas e os restantes intervenientes conseguem com maior facilidade tomar consciência dos detalhes e ajustamentos a alterar no projeto para este atingir os objetivos pretendidos (Grilo e Jardim Gonçalves, 2009).

Outra particularidade deste sistema é o facto de que os materiais podem ser calculados automaticamente, eletronicamente encomendados e entregues na obra, em grandes quantidades, sempre que sejam necessários (Madsen, 2008). O mesmo autor diz ainda que outra característica importante desta tecnologia é a capacidade de construir o projeto virtualmente, antes de ser construído fisicamente, permitindo a detecção de quaisquer conflitos e consequentemente reduzir o numero de pedidos de informação e o numero de alterações ao projeto ao longo da construção do mesmo. Com esta opção é possível poupar tempo e dinheiro.

A procura de vantagens competitivas tais como custos mais baixos, melhores prazos, maior flexibilidade nos serviços e soluções cada vez mais personalizadas, são requisitos essenciais para a qualidade final do produto (Melhado e Grilo, 2003).

Os sistemas BIM contêm informação proveniente de todos os intervenientes envolvidos desde o desenvolvimento do projeto, até á fase de construção, facilitando a colaboração efetiva de todos os principais participantes das fases do ciclo de vida de um empreendimento (Bazjanac, 2007).

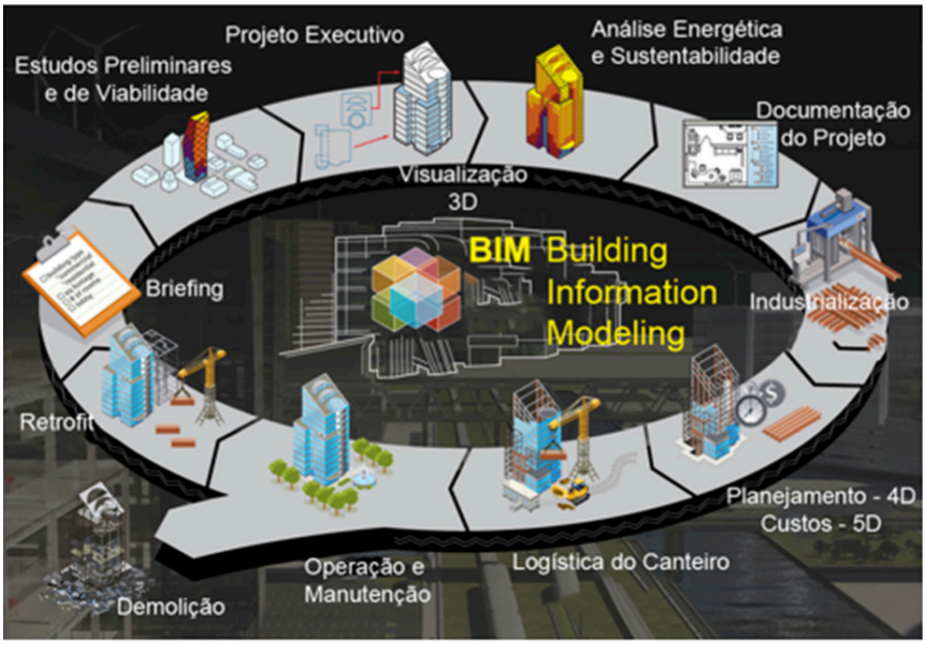


Figura 11 - Áreas de aplicação dos BIM (buildipedia.com)

O BIM é um processo que permite os diferentes intervenientes explorar e estudar o projeto digital antes de ser realmente construído. A coordenação, medição e planeamento de informação são usadas ao longo do projeto. O aspecto visual e a documentação do projeto são utilizados para uma melhor comunicação e compreensão da obra. Tudo isto permite um melhor entendimento sobre características importantes tais como custos, planeamento e impacto ambiental (Autodesk, 2009).

Na bibliografia é possível encontrar um vasto numero de autores a enumerar os benefícios desta tecnologia. Os BIM surgem como uma tecnologia de tal forma promissora que se pode afirmar que quaisquer esforços no sentido de melhorar gestão de informação devem ser enquadrados num modelo de informação (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

Das principais vantagens para a indústria da construção, reconhecidas pela generalidade dos utilizadores desta tecnologia, apresentam-se as seguintes (El-Desouki 2005):

- Pesquisa e obtenção eficientes de documentos específicos;
- Propagação de alterações rápida e direta;
- Automatização de fluxos de trabalho;
- Compilação da informação relevante;
- Integração de processos de produção e de gestão documental que resultam numa economia de esforços ao nível administrativo;
- Simplificação da recolha de informação produzida em projetos anteriores ou proveniente de fontes de informação externas;
- Criação de condições favoráveis para a realização simultânea do trabalho de diversos projetistas, resultando em prazos mais curtos para o desenvolvimento de projetos;
- Eliminação da introdução repetitiva de dados, evitando-se os erros associados;

- Redução de esforços redundantes relacionados com a repetição de tarefas de projeto e com as verificações das especificações elaboradas;
- Aumento de produtividade devido a uma partilha de informação mais rápida e isenta de ruído;
- Simplificação da introdução de modificações em projetos;
- Melhoria da cooperação interdisciplinar.

3.3.3. VANTAGENS DO USO DOS BIM NO PROCESSO CONSTRUTIVO

As vantagens decorrentes da utilização de BIM variam consoante a fase do processo construtivo, isto porque cada uma dessas fases apresenta características, objetivos e responsabilidades distintas. Deste modo, é interessante para o âmbito deste trabalho, analisar de que modo os BIM se enquadram no processo construtivo, verificar quem beneficia e de que modo beneficia. A descrição que se apresenta em seguida é baseada nos princípios descritos por Eastman numa das suas publicações (Eastman, 2008).

3.3.3.1. Promoção

Nesta fase do processo construtivo, como visto anteriormente é a fase de viabilidade e planeamento as principais vantagens vão surgir para o dono de obra. Os BIM permitem a construção de um modelo muito aproximado ao produto final, fornecendo uma maior precisão no ato de projetar os objetivos iniciais. Este aspeto ganha importância pelo facto de a analise de viabilidade financeira, um dos principais estudos de viabilidade, ser realizada durante esta fase. A capacidade desta aplicação de associar custos ao modelo permite obter orçamentos muito mais precisos e realistas. Outro factor relevante a destacar é a capacidade destas aplicações de, além de custos, associar materiais e quantidades ao modelo, permitindo uma gestão muito mais eficaz de recursos e de trabalhos.

Outro aspeto relevante nesta fase do processo é a performance e qualidade da obra. Como já foi referido é possível obter uma aproximação ao produto final bastante precisa, e outra vantagem decorrente desta aproximação é a capacidade de avaliação da funcionalidade e sustentabilidade do empreendimento. Apesar de ainda não existirem aplicações compatíveis com BIM, capazes de extrair automaticamente estes dados, as ferramentas de medição incorporadas nas aplicações permitem aumentar a eficácia da recolha desses mesmos dados.

Seja por motivos monetários, funcionais, ou até estéticos, a necessidade de procurar novas alternativas é muito comum nesta fase da obra. A facilidade com que as alterações ao modelo do edifício podem ser realizadas é um aspeto bastante útil destas aplicações, dando um grande contributo para a qualidade final da obra.

3.3.3.2. Projeto

Em resposta ao questionário " interoperabilidade para softwares BIM", a fase de projeto foi apontada pela maioria dos entrevistados, como a fase que mais beneficia da utilização das ferramentas que os softwares BIM têm para oferecer. Justificando a sua resposta, os entrevistados constataram que nesta fase decisiva, é necessário gerir um vasto leque de informação de modo a atingir os requisitos pré-estabelecidos (Alan Redmond, et. Al.,2012)(Gráfico 1).

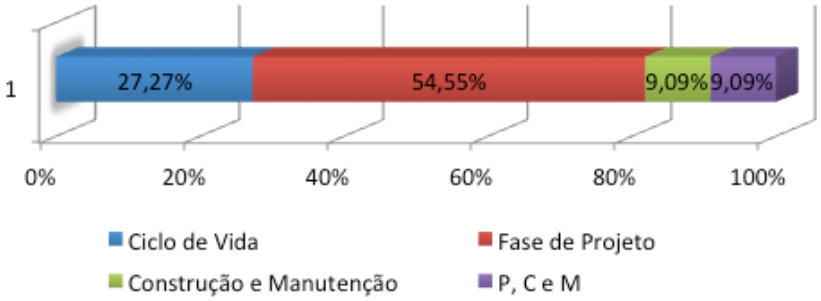


Figura 12 - Resultados do questionário "interoperabilidade para softwares BIM"

Tratando-se os BIM de uma ferramenta de projeto, não é surpresa que esta seja a fase que mais beneficia com a utilização das respectivas aplicações, pelo menos a curto prazo.

Na fase do projeto, são produzidas peças desenhadas que servirão de base para muitas operações na fase construção. A visualização dos esquemas produzidos tem uma importância vital para o desenrolar de todo o processo construtivo e a sua produção é uma tarefa com elevado grau de dificuldade diretamente proporcional à complexidade do empreendimento. Devido a este fator, é frequente o aparecimento de erros nas peças desenhadas, que podem trazer consequências negativas como por exemplo o aumento do custo final dos trabalhos, e em ultima instancia levar ao insucesso da obra.

Os modelos do edifício em 3D gerados pelos softwares BIM são feitos diretamente em 3D, e não transformados a partir de múltiplos desenhos em 2D. Ora é possível visualizar o projeto em qualquer fase do processo construtivo e uma vantagem sobre a forma como se encara o projeto é o facto de ser possível a correção automática de alterações. Esta tarefa que tradicionalmente apresenta grande dificuldade, com as ferramentas BIM fica muito mais simplificada. Com uma base de dados única, baseada num modelo paramétrico, é possível assegurar a correta disposição das alterações mas também uma gestão mais rápida e eficaz das respetivas alterações.

As vantagens das tecnologias BIM, na fase de projeto, passam também pelo aumento da colaboração e comunicação. Com a facilidade de visualização que se obtém ao utilizar estas tecnologias, a colaboração entre as diferentes especialidades envolvidas no projeto ocorre de forma muito mais eficiente. Permitem ainda, uma colaboração numa fase mais inicial do projeto o que se reflete numa maior compatibilização entre diferentes especialidades e consequentemente uma diminuição do tempo de projeto e redução significativa de erros e omissões.

Da mesma forma que na fase de viabilidade, os esquemas 3D produzidos pelos BIM, permitiam dar forma às ideias do Dono de Obra, também na fase de projeto, a existência de um modelo 3D do edifício ajuda na verificação de conformidade do projeto com as ideias iniciais. Ora de seguida são apresentadas alguns aspetos possibilitados pela utilização deste modelo (Monteiro, 2010):

- Modelação em 3D permite visualização tridimensional desde o inicio do projeto;
- Quantificação de áreas e quantidades de materiais, como ferramentas integradas no modelo, asseguram a verificação adequada da conformidade, sem erros de medição ou interpretação;
- Design quantitativo para edifícios técnicos, como hospitais e laboratórios, permite fácil verificação do cumprimento ou não dos requisitos;
- Avaliação automática de requisitos qualitativos, permite verificar facilmente a disposição de elementos e a sua relação com elementos vizinhos, bem como com o modelo completo do edifício;

A qualquer momento da fase de projeto, as tecnologias BIM permitem a extração de custos, que pode ser utilizada para ajustes em estimativas orçamentais. O processo construtivo é um processo continuo e conforme se vais desenvolvendo, este vai-se tornando cada vez mais completo e consequentemente mais complexo com valores de quantidades mais detalhados e estimativas de custos mais precisas, por exemplo, numa fase inicial, os custos são estimados em função da área projetada, e à medida que o projeto evolui, novos objetos vão sendo adicionados, pelo que a estimativa automática dos custos, também vai acompanhar essa evolução, dando custos reais do edifício. A utilização destas tecnologias permite também a obtenção de estimativas orçamentais mesmo antes de os desenhos atingirem o detalhe exigido para o projeto de execução. Deste modo, todos os intervenientes podem estar devidamente informados dos custos associados com uma certa solução. Esta capacidade traz vantagens também ao nível da tomada de decisões pois numa fase mais final do projeto, e com os custos associados às possíveis soluções, consegue-se tomar decisões muito mais fundamentadas.

A eficiência energética e a sustentabilidade na construção, são áreas que estão ganhar importância no sector da construção por vários motivos, tanto por razões ambientais, como por questões relacionadas com a exigência de qualidade. Posto isto, a necessidade de interligar o modelo do edifício com ferramentas capazes de realizar avaliações energéticas ainda durante as fases iniciais do projeto tem mostrado uma mais valia para a sustentabilidade dos empreendimentos. Ora, ao contrário das tradicionais ferramentas 2D que apenas possibilitavam uma avaliação energética no final do projeto e deste modo impossibilitando quaisquer alterações, os BIM permitem uma análise energética do edifício sem recurso a ferramentas externas possibilitando alterações ao modelo para melhorar a sua performance energética.

3.3.3.3. Construção

A adopção de tecnologias BIM traz vantagens para a fase de construção que podem poupar tempo e dinheiro. A representação de um modelo do edifício mais detalhado vai permitir um melhor planeamento do processo construtivo e uma redução da possibilidade da ocorrência de erros.

Um dos principais aspetos que deve ser mudado em relação à tradicional abordagem dos projetos passa por incluir os Empreiteiros nas fases iniciais dos projetos de construção, permitindo a introdução de conhecimento adicional e valioso para um correto desenvolvimento dos trabalhos.

Uma vantagem com grande importância na fase de construção é possibilidade de existência de uma coordenação eficaz. Isto apenas é possível através da participação de todos os Subempreiteiros na introdução de informação detalhada, referente aos trabalhos que cada um realiza, no modelo do edifício. Esta coordenação dos trabalhos traz mais valias ao projeto, como por exemplo, uma precisa detecção de incoerências e a sua correção antes que se tornem problemas reais na construção do empreendimento.

Atualmente, tem-se assistido a uma mudança, por parte dos Empreiteiros, na forma de ver as capacidades dos BIM para a gestão da construção. De facto, é sabido que os Empreiteiros são responsáveis por grande parte dos erros do projeto, e as ferramentas BIM têm mostrado ser de grande utilidade na verificação de erros. A orçamentação, coordenação, planeamento, entre outras funções, são tarefas que as ferramentas BIM ajudam a realizar de forma mais eficiente ao longo da fase de construção.

O planeamento de uma construção consiste numa sequenciação de tarefas tanto no tempo, como no espaço, tendo em consideração o *Procurement*, os recursos, as restrições espaciais, entre outros. Hoje em dia, existem softwares capazes de apresentar a forma como as atividades se relacionam e de criar

caminhos críticos que melhoram a programação durante um projeto. Tradicionalmente os métodos utilizados para responder a estas questões não se adequam corretamente, nem permitem uma ligação direta com o projeto ou com o modelo do edifício, transformando o planeamento numa tarefa difícil, o que se reflete numa dessincronização com o projeto e numa maior dificuldade para os agentes de entender o planeamento e os impactos gerados. Contudo vários tipos de tecnologias têm sido desenvolvidas para ajudar nesta fase. Uma das tecnologias referidas anteriormente é o 4D CAD, que se refere à utilização de modelos 3D que possibilitam a associação de tempos às tarefas. Uma segunda abordagem é a utilização de ferramentas de análise que incorporam componentes BIM e informações referentes a processos construtivos. Estas ferramentas incorporam informação relativa a, por exemplo, utilização de recursos, de espaços e informações sobre a produtividade.

Outra questão muito atual na fase de construção de um empreendimento é a pré-fabricação. Esta solução tem vindo a ser cada vez mais utilizada por parte dos empreiteiros como forma de redução de custos. Uma vasta gama de produtos são então produzidos em fábricas e trazidos para obra apenas para a instalação. Pelo facto de a pré-fabricação exigir informações com um níveis de detalhe elevado, os BIM apresentam grandes vantagens pois permitem aos empreiteiros a possibilidade de introdução de detalhes sobre os componentes BIM, tais como, geometrias 3D, especificações de materiais e de acabamentos, e sequencia e espaçamento das entregas. As vantagens retiradas deste processo favorecem tanto os empreiteiros, com a facilidade de compatibilização de esquemas pré-fabricados com o edifício, como os fabricantes que beneficiam da interatividade do modelo.

3.3.3.4. Pós-construção

As vantagens inerentes do uso das tecnologias BIM, é visível essencialmente na forma como a manutenção do edifício é feita. A informação sobre os vários tipos de sistemas implantados no edifício revela-se essencial para uma correta utilização, pelo facto de o modelo paramétrico se transformar num manual de utilização completo, pormenorizado e interativo Informações do modelo relativas a materiais, equipamentos mecânicos, elétricos, entre outros, podem também ser entregues ao dono de obra para uma verificação das decisões do projeto após a conclusão da obra (Monteiro, 2010).

3.3.4. IMPLEMENTAÇÃO DOS BIM NAS EMPRESAS

Apesar das vantagens evidentes da utilização do BIM, é também necessário considerar o contexto em que vão ser inseridas e apesar de serem ferramentas com capacidades de melhoramento do processo construtivo, é também preciso tomar certas medidas em consideração para que a sua implementação se repercuta da forma desejada.

Na bibliografia é possível encontrar grandes exemplos da aplicação do BIM, tanto pela sua grandeza como pela sua complexidade. Exemplos como estádios de futebol, aeroportos, ou estações ferroviárias, pelo seu carácter excepcional conseguem apresentar as capacidades de visualização e de gestão da informação dos BIM, contudo, não são representativos dos projetos realizados pela maioria das empresas.

Posto isto, de seguida são apresentadas as condições necessárias que um exemplo representativo deve reunir (POÇAS MARTINS, J.P., 2009):

- Introdução dos BIM deve ocorrer nas fases iniciais do projeto
- Apreciação de entidades licenciadoras deve incidir sobre os BIM
- Modelo deve ser usado como principal repositório de informação na fase de execução

- Modelo deve interagir com sistemas de informação das organizações intervenientes
- Intervenientes que operam durante a fase de utilização devem herdar o modelo de informação

Uma das razões pelo qual os BIM ainda não estão enraizados na industria da construção, passa por não existir um exemplo representativo que apresente resultados, e enquanto isto não acontecer vai sempre existir uma reticência das empresas às alterações dos seus métodos de trabalho. O Dono de obra, e visto que uma das condições é a introdução dos BIM nas fases iniciais da obra, representa um papel fundamental na implementação destas tecnologias, devendo impor esta condição aos empreiteiros.

3.3.5. ALTERAÇÕES DAS PRÁTICAS DE TRABALHO

As práticas de trabalho atuais precisam, forçosamente, de ser alteradas quando se implementam as tecnologias BIM. Esta implementação necessita de uma mudança significativa que se pode refletir em vantagens para a empresa. Uma das alterações com maior impacto no desenrolar do projeto é a antecipação das decisões, exigida pelos BIM desde as fases iniciais do projeto e só possível com uma desfragmentação do processo construtivo. Com esta prática de trabalho, as empresas podem reduzir os custos associados com as alteração ao projeto, pois quanto mais adiantada estiver a obra, maiores serão os custos provocados por essas alterações. Na figura seguinte, é apresentado um esquema representativo da antecipação de decisões de projeto na construção. A legenda da figura é detalhada em seguida (Maunula, 2008):

- Possibilidade de produzir impacto nos custos e aspectos funcionais do projeto;
- Custo de alterações produzidas no projeto
- Processo tradicional
- Processo alternativo

As letras A a G no eixo das abcissas representam as várias fases do processo construtivo:

- Promoção
- Estudo prévio
- Projeto
- Projeto de execução
- Procurement
- Gestão da construção
- Operação

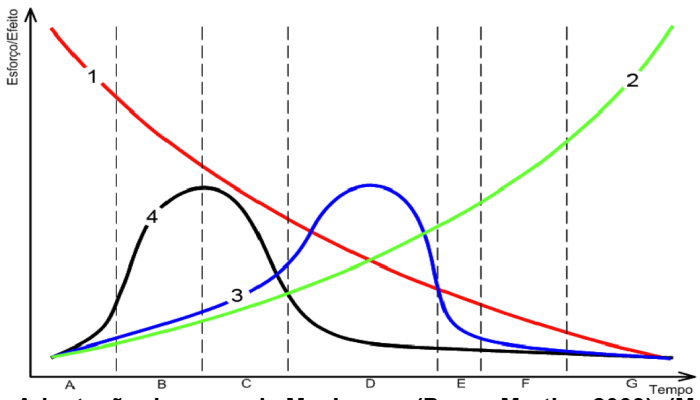


Figura 13 - Adaptação da curva de MacLeamy (Poças Martins 2009), (Maunula

Na figura 12 é de notar que, apesar das vantagens decorrentes da antecipação das decisões de projeto, o esforço, as práticas de trabalho correntes não favorecem esta alteração. Como é possível verificar, os processos tradicionais focam-se na fase de execução aproximando-se mais da zona de maior custo na produção de alterações e afastam-se da fase onde o maior impacto sobre os custos e a funcionalidade do edifício podem ser melhorados. Desta forma, a passagem para o processo alternativo, ou seja a implementação das tecnologias BIM, surge uma necessidade de mudança radical da maneira de trabalhar e de pensar os projetos.

3.3.6. RETORNO DO INVESTIMENTO

Com o crescimento de novas tecnologias de informação, a industria da construção que a implementação destas tecnologias pode mudar radicalmente o projeto de um edificio e o processo como este é construído. Contudo como é normal com todos os tipos de investimento, quando uma empresa decide investir na aquisição de um software e consequentemente investir numa mudança da forma de trabalhar, a questão que se coloca é relacionada com o ROI (Return on investment, "retorno de investimento" na lingua Portuguesa. Por outras palavras, quando uma empresa adopta uma nova estratégia, neste caso, na forma de trabalhar e as ferramentas que utiliza, existe sempre a necessidade de determinar em quanto tempo a empresa consegue ultrapassar o custo inicial do investimento e começar a obter lucros e vantagens.

Estudos recentes sobre a avaliação de investimentos apresentam resultados obtidos utilizando o método "ROI". O método simplesmente compara os lucros esperados de um investimento com custos asociados para a sua implementação.

$$\frac{\text{Lucros}}{\text{Custos}} = ROI \quad (1)$$

Para calcular o ROI de um software de design é necessário considerar as mudanças na produtividade no periodo inicial de aprendizagem. A Figura 13 apresenta o que acontece após a implementação de um novo sistema. Verifica-se um decréscimo imediato na produtividade devido ao facto de os utilizadores ainde se encontrarem em fase de aprendizagem. Após o periodo de adaptação, verifica-se uma subida da produtivdade, atingindo os niveis do sistema antigo, e com a assimilação e compreensão da nova tecnologia por parte dos utilizadores, a produtividade continua a subir atingindo valores ainda mais elevados. Isto mostra que realmente existem vantagens que justificam a adopção de tais tecnologias.

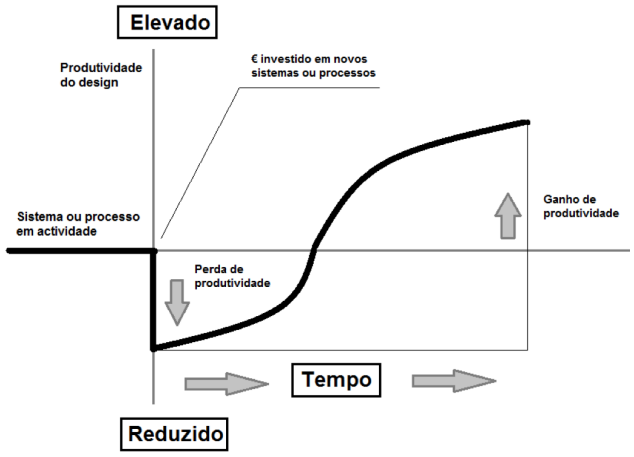


Figura 14 - Dinâmicas da relação entre tempo e produtividade na implementação de um BIM (Autodesk 2007)

De seguida é apresentada a formula padrão usada para calcular o ROI no primeiro ano, tendo em consideração as características relacionadas com os custos, aprendizagem e poupanças produtivas provocadas pelo uso do sistema :

$$\frac{(B-\left(\frac{B}{1+E}\right))\times(12-C)}{A+(B\times C\times D)} = ROI_{1º ano} \ (2)$$

A. custo do hardware [€]
B. custo mensal da utilização [€/mês]
C. tempo para formação e habituação [meses]
D. perdas de produtividade durante aprendizagem [%]
E. ganhos de produtividade depois aprendizagem [%]

Para melhor entender a fómula considere-se os seguintes parametros:

- O numerador representa a parte da equação referente aos ganhos provenientes do aumento de produtividade;
- $B - \left(\frac{B}{1+E}\right)$ repreenta o incremento médio de produtividade mensal;
- $(12 - C)$ representa o número de meses por ano em que já não se encontram em regime de aprendizagem;
- O denominador representa a parte da equação referente aos custos.

Aplicando valores reais resultantes de um estudo de anáilise ROI realizado pela autodesk relativo à implementação de um software BIM numa empresa, obtém-se os seguintes resultados (Autodesk, 2007):

Tabela 3 - Resultados de um estudo do retorno do investimento (Autodesk 2007), versão conservativa (esquerda), versão realista (direita)

Variáveis	Valores	Unidades
A	4900	€
B	3500	€
C	3	meses
D	50,00%	%
E	25,00%	%
ROI	61,50%	%

Variáveis	Valores	Unidades
A	4900	€
B	3500	€
C	2	meses
D	50,00%	%
E	30,00%	%
ROI	95%	%

Analisando os resultados da versão mais conservativa tabela 3 (esquerda), isto é, foi considerado um periodo de aprendizagem de 3 meses e ganhos de produção após a aprendizagem de apenas 25%, quando na realidade o tempo de aprendizagem é muitas das vezes menor e os ganhos na produção tendem a ser maiores. Contudo, mesmo um valor do ROI de aproximadamente 60% é bastante apelativo para muitas empresas, pelo que nestas condições o investimento ficaria pago ao final de aproximadamente um ano. Posto isto, na tabela 3 (direita), ao inserir uma pequena alteração no periodo de aprendizagem para 2 meses e ganhos na produção alterados para 30% o valor do ROI sobe radicalmente para 95%. Isto acontece pelo facto de ambos os factores representarem uma maior

sensibilidade em relação ao retorno sobre o investimento. Os restantes factores têm uma importancia menor, isto é, mesmo que o custo inicial do software duplicasse, o ROI não apresentaria um decréscimo muito elevado, havendo sempre uma margem de lucro positiva.

Outro estudo realizado pela McGraw-hill (2008), Donos de Obra, Arquitetos, Engenheiros e construtores foram alvo de um nquérito para apurar qual o valor das tecnologias BIM para os seus utilizadores. Com a informaçao recolhida foi possivel constatar que cerca de 63% dos utilizadores destas tecnologias BIM apresentam um retorno positivo no seu investimento e 15% destes utilizadores diz ter um retorno de investimento acima dos 50%.

3.3.7. ENTRAVES À PROPAGAÇÃO DOS BIM

Sem qualquer duvida, a utilização da metodologia BIM, não ocorre sem um investimento inicial. Contudo, existem mais factores que condicionam a implementação bem sucedida dos BIM nas empresas. Barreiras tecnológicas, conceptuais e organizacionais demonstram a relação do sector da construção com as tecnologias em geral. Aspetos como: a baixa aposta em tecnologias de informação e os custos elevados associados à compra de software e atualização de hardware, apresentam-se como uma barreira para a evolução para os BIM. Muitas vezes os custos das licenças destes softwares são extremamente elevados para certas empresas, pelo que se deve realizar sempre um estudo sobre quais as melhores soluções BIM para a empresa, pois cada caso é um caso e muitas vezes, aplicações que apenas permitem a visualização dos projetos são suficientes para melhorar as práticas de trabalho dessas empresas.

Em continuação do tópico anterior, onde muitas vezes as empresas não apresentam dimensão suficiente que justifique um investimento em tecnologias que inicialmente pode ser considerado como elevado. Na realidade o numero de PME na construção é de cerca de 90% do numero total de empresas neste ramo.

Estudos realizados sobre este âmbito revelam que, a falta de conhecimento ou um conhecimento básico sobre os BIM, por parte dos utilizadores, atinge os 90%. Ainda de acordo com o mesmo estudo, cerca de 50% dos clientes não mostra interesse em que os BIM sejam utilizados nos seus projetos (McGraw-Hill 2009). Posto isto, surge um novo entrave criado pela falta de competitividade, isto é, a mudança e a procura de soluções alternativas é causada pela existência de métodos mais competitivos. Contudo, grande parte dos utilizadores não tem a opinião de que os BIM representem uma vantagem competitiva no mercado.

Os altos cargos no sector da construção são geralmente ocupados por pessoas com uma larga experiencia na construção e habituados às práticas tradicionais. Ora como foi referido á necessário que sejam essas pessoas a tomar a iniciativa de utilizar os BIM, pelo que este facto se figura como um dos principais entraves à implementação das novas tecnologias.

3.3.8. BIM - COORDENAÇÃO, COOPERAÇÃO E INTEROPERABILIDADE

Como é possível verificar pela definição, o modelo BIM tem potencialidades para se tornar num vector de desenvolvimento da industria da construção em relação à integração, interoperabilidade e colaboração (Vanlande et al., 2008).

O progresso necessário para atingir um sector construtivo industrializado, integrado e interoperável, é um tópico importante e que deve ser debatido. A necessidade de troca de informação entre as fases e

entre os intervenientes faz parte de um complexo processo que precisa de ser gerido (Babic et al., 2009).

No modelo BIM, a interoperabilidade está intrinsecamente ligada com o facto de para ser possível atingir padrões de qualidade mais elevados é necessário promover alterações não só ao nível dos sistemas de informação mas também das práticas de trabalho. A fraca interoperabilidade entre os softwares tem como principal causa a incompatibilidade da informação. De facto, esta situação não se verifica apenas na fase de projeto mas sim em todo o ciclo de vida do empreendimento e apesar dos esforços realizados sobre este tema, o sector da Arquitetura, Engenharia e Construção continua sem atingir um ambiente interoperável (Gril e Garden-Gill, 2009). De acordo com Cricket e Garden-Gill (2009), a interoperabilidade tem-se tornado um problema no sector AEC, devido à heterogeneidade das aplicações e dos sistemas de informação utilizados pelos diferentes intervenientes associada à necessidade de uma capacidade dinâmica e adaptável para se operar neste sector.

A interoperabilidade é essencial para a produtividade e competitividade de muitas indústrias, isto porque para obter um processo produtivo eficaz há a necessidade de uma elevada coordenação baseada em representações digitais do projeto.

No trabalho desenvolvido por Grilo e Jardim-Gonçalves (2009), são apontadas 3 categorias principais de custos para caracterizar a inadequada interoperabilidade;

- Prevenção de custos relacionados com atividades que podem ser evitados ou minimizadas através da implantação de técnicas de interoperabilidade.
- Custos de mitigação podem resultar de arquivos electrónicos ou em papel que têm de ser alterados manualmente para poderem entrar nos sistemas. Outros custos de mitigação podem também resultar dos resíduos resultantes da construção;
- Custos com atrasos resultantes de problemas de interoperabilidade da demora da execução de um projeto.

Com o objetivo de realçar a importância e promover a criação de soluções para estes dois conceitos (Interoperabilidade e Colaboração), foram sendo desenvolvidos formatos diferentes para a troca de informação. Tradicionalmente, a interoperabilidade baseava-se em formatos de troca baseados em ficheiros, por exemplo, DXF (Drawing eXchange Format) e IGES (Initial Graphics Exchange Specification) que trocavam apenas geometria.

Com o esforço de organizações como a ISO-STEP e outras industrias, deu-se o aparecimento de modelos de dados como por exemplo o modelo IFC – Industry Foundation Classes, utilizado no planeamento, design, construção e manutenção, e o CIMsteel Integration Standard Version (CIS/2), utilizado para a fabricação de estruturas metálicas.

A Green Building Studio's tem liderado alguns avanços no âmbito dos protocolos de software e comunicação. O esquema The Green Building XML (gbXML) foi desenvolvido para facilitar a transferência de informação armazenada em modelos CAD utilizados em aplicações BIM. Isto permite uma interoperabilidade integrada de modelos de projeto e de diferentes aplicações utilizadas nas várias especialidades da engenharia. Atualmente, o gbXML é reconhecido pelos principais vendedores de software CAD, por exemplo, Autodesk, Graphisoft e bentley, tornando-se num esquema normalizado da industria (Holness, 2008).

Usualmente, a transferência de dados entre duas aplicações processa-se de 4 maneiras principais (Eastman et. Al., 2008):

- Links diretos e proprietários entre ferramentas especificas BIM;
- Formatos de troca de ficheiros proprietários;

- Formatos de troca de modelos de dados de produtos públicos;
- Formatos de troca baseados em XML.

Enquanto os ficheiros suportam a ligação entre duas aplicações, a crescente necessidade de coordenar informação entre múltiplas aplicações ao longo do ciclo de vida de um projeto levou à criação de repositórios. Apenas desta forma é possível existir uma troca de informação consistente para a construção de empreendimentos de larga escala, contudo, existem ainda questões por resolver na utilização dos repositórios.

De seguida são apresentados os formatos de troca mais comuns no sector AEC, divididos conforme o tipo de utilização que fornecem tabela 4:

Tabela 4 - Formatos de troca mais utilizados nas aplicações do sector AEC

Formatos de imagem	JPG, GIF, TIF, BMP, PIC, PNG, RAW, TGA, RLE
Formatos de vectores 2D	DXF, DWG, AI CGM, EMF, IGS, WMF, DGN,
Formatos de formas e de superfícies 3D	3DS, WRL, STL, IGS, SAT, DXF, DWG, OBJ, DGN, PDF(3D), XGL, DWF, U3D, IPT, PTS
Formatos de troca de objetos 3D	STP, EXP, CIS/2
Formatos de jogos	RWQ, X, GOF, FACT
Formatos GIS	SHP, SHX, DBF, DEM, NED
Formatos XML	AecXML, Obix, AEX, bcXML, AGCxml

3.4. IFC

3.4.1. CONCEITO

A necessidade de partilhar informação entre aplicações e os diferentes formatos utilizados para essa partilha, exigiu a criação de formatos standard na industria AEC. O modelo IFC (Industry Foundation Classes) é um formato aberto, neutro e com especificações padronizadas para os BIM, e criado para ser utilizado nas diferentes fases do processo construtivo: planeamento, projeto, construção e gestão do empreendimento, com o intuito de permitir um fluxo de informação eficaz entre os vários sistemas de informação usados, por outras palavras para otimizar a interoperabilidade (Froese, 2003).

Este modelo consiste num conjunto de entidades que descrevem os elementos físicos do empreendimento, conceitos abstratos, processos, intervenientes, etc. Entre as entidades é possível enunciar a geometria, a topologia, os elementos do edifício, os equipamentos, a relação entre os elementos de construção, os planos de trabalho, entre outros (Picotês, A., 2010).

3.4.2. CONTEXTO HISTÓRICO

O IFC teve origem baseada no padrão internacional conhecido como STEP (Standard for Exchange of Product Model Data), contudo, ao contrário deste, o IFC foi desenvolvido com o objetivo de ser aplicado diretamente na industria da construção. Em 1984, com o surgimento do ISO-STEP, graças ao esforço da ISO (International Standard Organization), foi criado um padrão internacional de troca de dados e a integração do modelo IFC na norma ISO traria facilidade e maior rapidez da aplicação das práticas de gestão baseadas em modelos de informação (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

Com a aplicação deste modelo à industriada construção foi visível que a necessidade de um modelo mais especifico para a representação de dados era inevitável. o envolvimento da IAI (International Alliance of Interoperability), associação internacional de empresas comerciais e instituições de pesquisa, surge com o principal objetivo de desenvolver a interoperabilidade de softwares da industria da AEC, criando uma base universal que melhore a comunicação, a produtividade e a qualidade durante o ciclo de vida do empreendimento. Atualmente é a solução utilizada em aplicações BIM e em muitas outras aplicações (ANDRADE, M. e RUSCHEL, R., 2009).

Uma das formas utilizadas pela IAI para difundir este novo modelo foi o lançamento de uma versão nova do IFC todos os anos Figura 14, de forma a encorajar as empresas e fomentar o desenvolvimento (Khemlani, 2004).

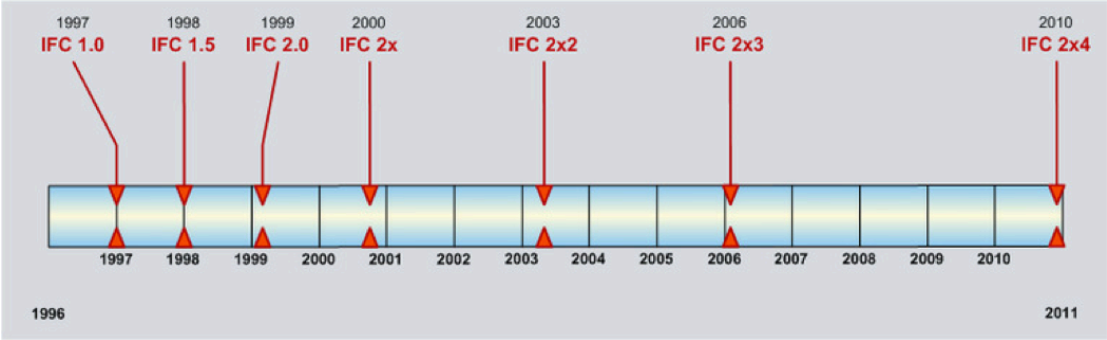


Figura 15 - cronologia das versões do modelo IFC (IAI, 2011)

3.4.3. ARQUITETURA DO MODELO

O Modelo IFC foi desenvolvido com o intuito de trazer melhorias e vantagens reais em relação aos outros modelos. Na bibliografia pesquisada é possível encontrar autores que tentam descrever os objetivos da aplicação de um modelo IFC (Ferreira, S., 2005):

- Proporcionar uma estrutura modular ao modelo
- Proporcionar uma infraestrutura 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 arquitetura do modelo IFC é constituída por quatro camadas distintas que representam quatro níveis principais. Cada um destes níveis é então constituído por um conjunto de categorias, sendo dentro de cada uma destas, que as entidades são definidas (EASTMAN, C., 1999). As camadas existentes são: cama de domínio, de interoperabilidade, central e camada de recursos.

A camada de recursos forma a camada inferior da arquitetura do modelo IFC e pode ser utilizada ou referenciado por classes de outras camadas (IFC Technical Guide 2000). Os recursos podem ser definidos como conceitos de baixo nível ou objetos que são independentes da sua aplicação.

As classes da camada nuclear, podem ser referenciadas e especializadas por todas as classes nas camadas de interoperabilidade e domínio (IFC Technical Guide 2000). A camada nuclear inclui dois níveis de generalização: Kernel e Extensões. Kernel ou núcleo, pode ser definido como um módulo conceptual existente em vários modelos de dados e usualmente este confere uma ligação entre o

Hardware e o software (Sousa et.al., 2011).

Na camada de elementos partilhados, são compartilhados um conjunto de módulos que definem conceitos ou objetos comuns a vários tipos de aplicações da industria da construção, permite deste modo a interoperabilidade entres diferentes domínios.

O nível de topo do modelo de dados IFC é a camada de domínio. Nesta camada são tratados os diferentes domínios específicos da industria da construção, como por exemplo, Estruturas, AVAC ou Gestão da construção. As entidades definidas nesta camada são totalmente independentes e não podem ser referenciadas por qualquer outra camada (Sousa et.al., 2011).

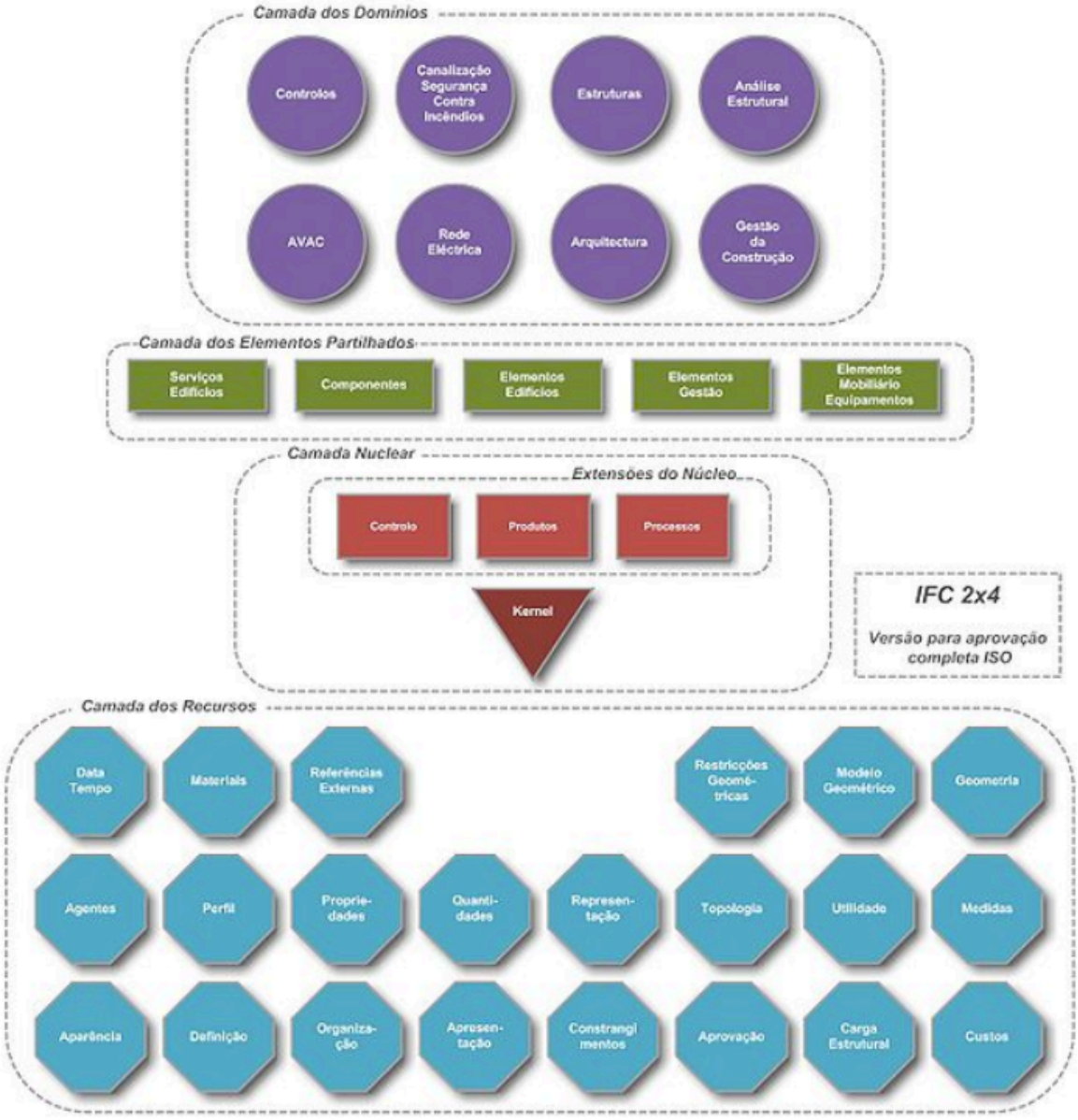


Figura 16 - Estrutura da base de dados do modelo IFC, versão 2x4 (IAI, 2010). Adoptado de (Sousa et al. 2011).

4
PROCESSO CONSTRUTIVO E LEGISLAÇÃO NACIONAL

4.1. SECTOR DA CONSTRUÇÃO

4.1.1. ENQUADRAMENTO

A globalização do mercado e a consequente crescente concorrência levou a um aumento das expectativas dos clientes no que diz respeito aos serviços fornecidos pelas empresas e mais precisamente á sua qualidade.

Deste modo, as empresas necessitam de implementar novas medidas de gestão cada vez mais eficientes e eficazes.

Ao longo do presente trabalho, pretende-se mostrar a ligação entre as fases do processo construtivo, os seus intervenientes e as aplicações informáticas existentes no mercado, tendo por base a ideia de aproximar as práticas seguidas na industria da construção a processos.

4.1.2. EVOLUÇÃO DO SECTOR

Tal como outros sectores industriais, o sector da construção tem sofrido alterações ao longo das ultimas décadas. A seguinte tabela representa algumas das mudanças em relação à forma como os empreendimentos são construídos, ao tipo de intervenientes e o modo como estes encaram a obra, e ainda mudanças relacionadas com as questão de prazos e custos.

Tabela 5 - Síntese da situação da construção no passado e na atualidade (SOUSA, H.d., 2003)

Passado	Presente
Atividade 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 social associada aos trabalhos de construção civil
Reduzido número de exigências de desempenho	Grande número de exigências diferentes de desempenho, frequentemente não totalmente compatibilizadas

Passado	Presente
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
Preocupações dos vários intervenientes no processo construtivo em assegurar a perenidade das construções e soluções	Soluções e atitudes dos intervenientes privilegiando realizações "voláteis"

4.1.3. ABORDAGEM POR PROCESSOS: CONCEITO DE PROCESSO

A gestão da informação no sector da construção procura responder aos desafios encarados ao longo das várias fases que compõem o ciclo construtivo, e deste modo a melhoria do sector depende de uma melhoria na transferência de informação entre a fase de projeto, a fase de construção, a fase de planeamento, entre outras.

Todo o trabalho de construção é realizado através de um processo que consiste em um conjunto de atividades e recursos, também possível de serem chamados de subprocessos e sendo o objectivo final a obtenção qualidade. É necessário que a informação circule de forma a chegar a todos os intervenientes. Estes subprocessos (figura 16) não são mais do que organizações de pessoas, equipamentos, procedimentos, informações e materiais corretamente interligados em atividades de trabalho de modo a atingir objectivos pré-definidos.

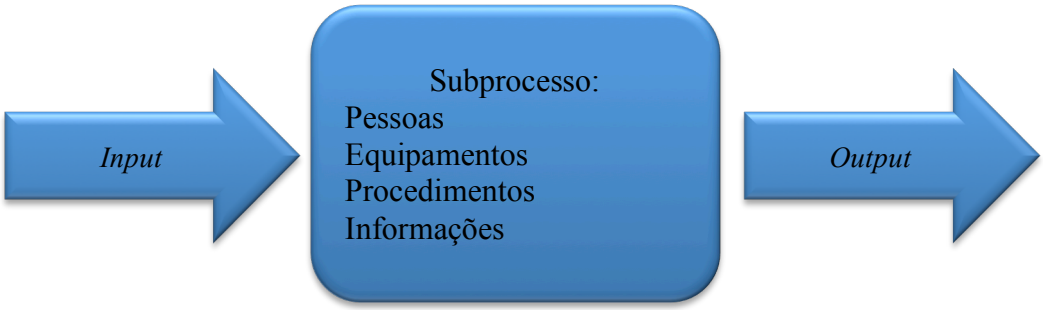


Figura 17 - Esquema simplificado de um Subprocesso

Todo o subprocesso tem entradas e saídas. Das entradas podem fazer parte requisitos específicos ou regulamentos aplicáveis para o caso em estudo, enquanto que as saídas são o resultado do subprocesso. As saídas são produtos tangíveis (planeamento da obra ou o projeto de arquitetura) e intangíveis (conhecimentos). Os subprocessos são ou devem ser uma transformação que acrescenta valor.

4.2. PROCESSO CONSTRUTIVO

4.2.1. DEFINIÇÃO

Processo construtivo é a designação dada ao conjunto de atividades 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).

Na bibliografia consultada encontram-se várias visões do processo construtivo, geralmente caracterizado como uma sucessão linear de fases, pelo que ao longo do presente trabalho pretende-se mostrar de que modo as tecnologias existentes no mercado são essenciais na interligação de todos os intervenientes e nas diferentes fases da obra.

4.2.2. PROPOSTA BRITÂNICA

Segundo o Royal Institute of British Architects, o sucesso para um projeto depende da qualidade da sua descrição, isto é, depende da capacidade de descrever detalhadamente os requisitos e as especificações para a empreitada.

O Outline Plan of Works, propõe uma divisão das fases de trabalhos e sumaria de forma detalhada os processos de gestão e desenvolvimento de projetos de construção de forma a poder criar um conjunto de fases principais. O esquema proposto pode ser visto de seguida.

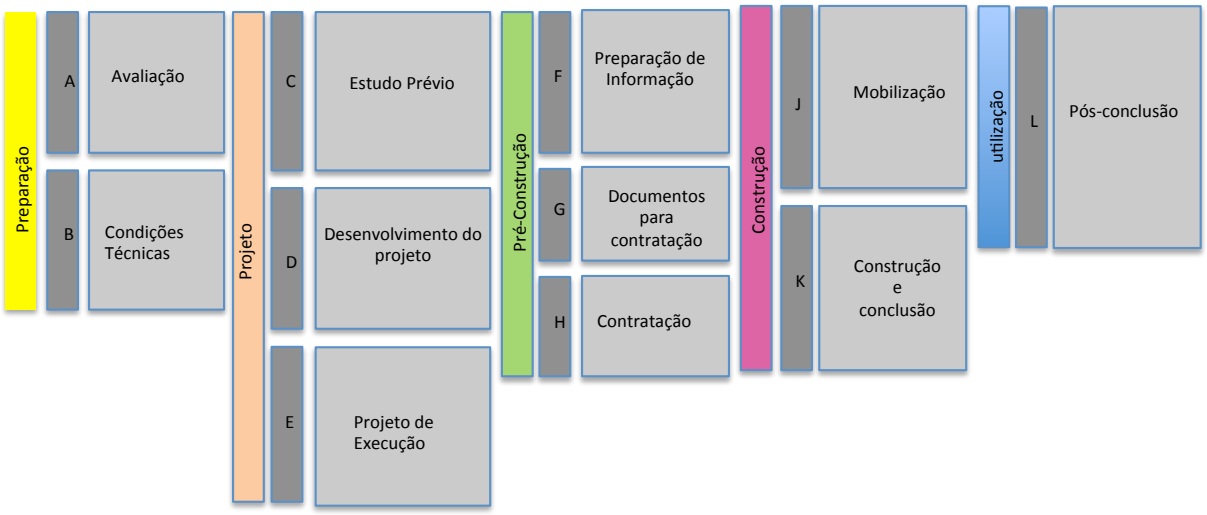


Figura 18 – Esquema do plano de Trabalhos

4.2.2.1. Descrição das tarefas principais

O Royal Institute of British Architects descreve as diferentes fases do processo de construção e especifica também as ações a serem tomadas em cada uma das fases descritas.

Avaliação:

- Identificação das necessidades e objectivos do cliente e estudo de eventuais restrições ao desenvolvimento da empreitada.
- Preparação de estudos de viabilidade e análise de opções de modo a permitir que o cliente possa decidir se deseja prosseguir.

Condições técnicas:

- Desenvolvimento de uma declaração inicial, feita pelo cliente ou em seu nome, onde estão descritos os principais requisitos e restrições impostas pelo cliente. Identificação do

tipo de contrato, procedimentos, estrutura organizacional e quais os outros intervenientes que terão parte no projeto.

Estudo Prévio:

- Implementação de todas as condições técnicas e preparação de informação adicional.
- Preparação do estudo prévio incluindo um esboço dos sistemas de serviços da infraestrutura, de uma proposta estrutural e de um plano de custos preliminar. É também realizada uma revisão do tipo de contrato.

Desenvolvimento do Projeto:

- Desenvolvimento do projeto de modo a incluir uma proposta de sistemas de serviço estrutural, especificações atualizadas e o plano de custos.
- Conclusão do projeto com todas as condições técnicas exigidas.
- Submissão do projeto nas entidades de licenciamento.

Projeto de Execução:

- Preparação de desenhos e especificações técnicas para orientar componentes, elementos e informações do projeto de acordo com as normas legais e as medidas de segurança.

Preparação de informação:

- Preparação da informação necessária para a construção. (F1)
- Pedido de licenciamento por parte das entidades legais.
- Preparação de informações adicionais necessárias para a construção e revisão da informação fornecida pelas diferentes especialidades. (F2)

Documentos para contratação:

- Preparação e agrupamento de documentos para a fase de contratação, suficientemente detalhados para permitir a recepção de propostas para a empreitada.

Contratação:

- Identificação e avaliação de potenciais Empreiteiros para o projeto.
- Obtenção e avaliação das propostas e submissão de recomendações ao cliente. Responder e gerir as perguntas efetuados durante o período de contratação.

Mobilização:

- Nomear o Empreiteiro de acordo com a melhor proposta.
- Emitir toda a informação de produção ao Empreiteiro.
- Dispor o estaleiro para o inicio dos trabalhos.

Construção e Conclusão:

- Administrar o contrato de construção até á conclusão dos trabalhos.
- Providenciar ao Empreiteiro informações adicionais quando requeridas.
- Rever a informação providenciada pelo Empreiteiro.

Pós Conclusão:

- Administração do contrato de construção após a conclusão dos trabalhos e realização das inspeções finais.
- Assistir o utilizador na no período de ocupação inicial.
- Revisão da performance do projeto na utilização.

4.2.3. PROCESSO CONSTRUTIVO ADOPTADO

De forma a melhor explicar o processo construtivo é apresentado na figura 18 um esquema ilustrativo do processo adoptado ao longo deste trabalho, mostrando as fases consideradas decisivas.



Figura 19 - Esquema do processo construtivo adoptado

4.2.4. PROMOÇÃO

Nesta etapa o interveniente principal é o promotor ou seu representante – Dono de Obra, máximo responsável do empreendimento, devendo estabelecer os objectivos da promoção, efetuar os estudos de impacto e a análise das envolventes, decidir da viabilidade técnica e económica do empreendimento e organizar o Programa Preliminar do mesmo. O Dono de Obra deve definir em que enquadramento contratual se vai efetuar a obra. Durante a fase de promoção importa ter uma visão geral de todo o processo construtivo, isto é, o produto da construção sai mais valorizado se for concebido como um todo(SOUSA, H., 2003). Os sistemas de informação, nestas condições, devem ser capazes de antecipar custos, estipular prazos e principalmente prevenir possíveis limitações que impeçam uma correta viabilização do projeto.

Além dos objetivos já mencionados, outros tais como: designação/ seleção do Gestor do Empreendimento e designação/ seleção da Equipa Projetista, são tarefas que devem ser apoiadas por um modelo de construção que contenha bases de dados com as informações relevantes para todo o processo. Bases de dados relativas a construções anteriores, bem como a normas legislativas relevantes. É ainda de grande utilidade que existam bases de dados com informação sobre possíveis fornecedores e prestadores de serviços de forma a agilizar as fases posteriores do processo construtivo. Um sistema de gestão documental deve ser implementado com o objetivo de organizar e distribuir todo o tipo de informações produzida ao longo de todo o processo construtivo: correspondência, atas de reuniões, elementos de projeto, autos de medição, etc.

4.2.5. PROJETO

4.2.5.1. Programa Base, Estudo Prévio e Projeto Base

A segunda etapa do processo construtivo é dividida em várias fases. Aqui pretende-se definir soluções construtivas que satisfaçam as necessidades dos utentes para um determinado investimento, e deste modo os projetistas devem adaptar o seu processo criativo ao tipo de utilização a que se destina o empreendimento.

Numa fase inicial, que diz respeito aos estudos e projetos, procede-se a uma avaliação das indicações dadas pelo Dono de Obra. No programa base e no estudo prévio, o conhecimento detalhado do programa é essencial, pois é imperativo assegurar a correta interpretação dos objetivos, que com o aumento do nível de complexidade da obra vão aumentando de importância. Ainda nesta fase é feita a pesquisa da legislação aplicável e é também realizado um primeiro contacto com os intervenientes no processo construtivo. Inicialmente, vão surgindo soluções construtivas que satisfaçam o que previamente foi idealizado, chegando a uma solução geral e provisória, que vai sendo ajustada cada vez mais á medida que se desenvolve o projeto.

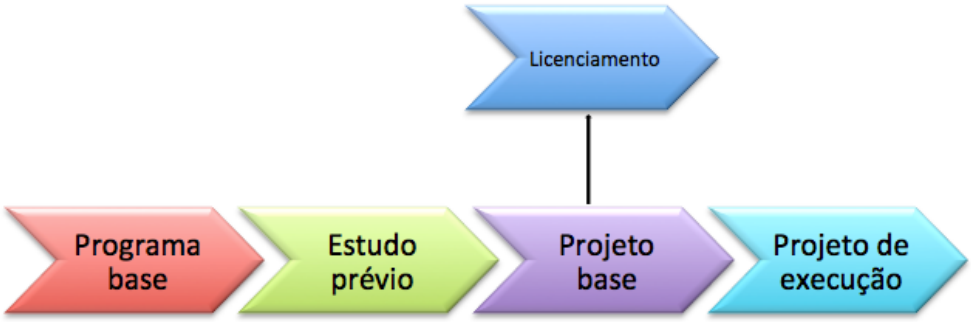


Figura 20 – Fase de projeto

O anteprojeto ou projeto base vem estabelecer a base para o projeto de execução, isto é, aspetos do projeto que eram provisórios e que estavam ainda abertos para discussão e possível alteração, tais como detalhes dos elementos do programa, definição de métodos construtivos, definição de materiais, entre outros, são agora fixados de modo avançar com os trabalhos.

Durante a fase de projeto, 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 projeto;
- 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 projetos diferentes e é agrupada de modo a formar as especificações técnicas do projeto;
- 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.

4.2.5.2. Licenciamento

O licenciamento é um passo de grande importância para o desenvolvimento do projeto, visto que é nesta fase que se entregam formalmente todos os documentos necessários para a aprovação e consequente conclusão do mesmo, frequentemente é a primeira passagem destes documentos para o exterior do grupo formado pelos intervenientes no projeto.

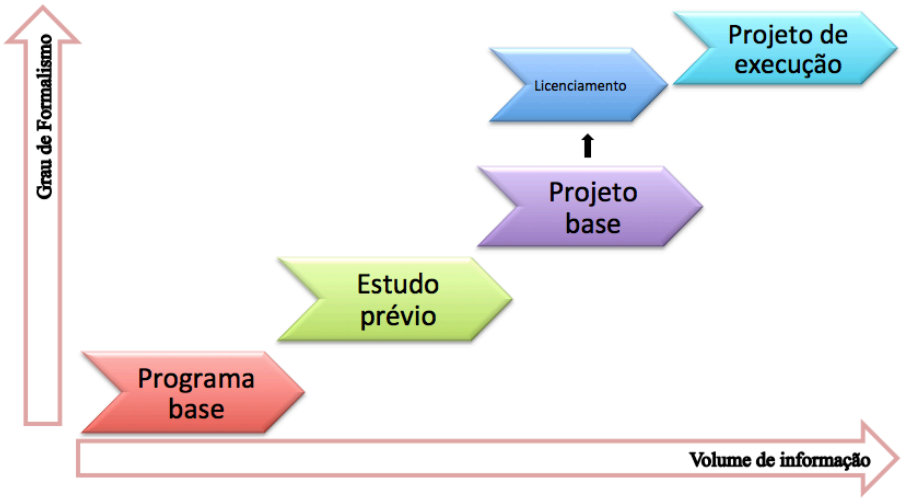


Figura 21 - Produção de informação e sua formalização ao longo das fases de projeto (POÇAS MARTINS, J.P., 2009)

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 projetista e o dono de obra, correspondendo às fases de projeto habituais, tratando-se de documentos com informação bastante informais, não estando apresentados sob a forma de documentos de projeto.

Nesta fase já existem algumas regras de representação dos documentos que fazem diminuir significativamente a variabilidade entre os formatos apresentados. Para além disso, o licenciamento é uma etapa de cumprimento obrigatório, distinguindo-se assim das outras atividades.

4.2.6. PROJETO DE EXECUÇÃO

De seguida, vem a fase talvez mais importante, o projeto de execução, e trata-se de uma atividade pluridisciplinar, com coordenação indispensável mas difícil, e é nesta fase que são então articuladas as diferentes especialidades, é verificada a conformidade com os regulamentos, é garantida a coerência da documentação e é definida a informação necessária para o plano de segurança e saúde. A fase do projeto termina com a elaboração dos documentos de comunicação, ou seja, a organização das peças escritas e desenhadas de forma consistente, completa e articula para que permitam a execução da obra sem dúvidas, de forma coordenada e sem omissões (Sousa, 2009).

Como é possível ver na figura 20 o grau de formalismo desta fase do projeto é elevado quando comparado com as fases iniciais do projeto, isto acontece porque esta versão do projeto serve de base para futuras consultas ou concursos a efetuar, abrangendo assim um conjunto mais vasto de intervenientes, e serve ainda como documento de referencia a partir do qual são elaborados os orçamentos e o planeamento da empreitada.

4.2.7. CONSTRUÇÃO

No inicio desta etapa do processo construtivo, começa-se por um ponto essencial, o desenvolvimento do PSS, plano de segurança e saúde, onde devem constar os documentos que avaliam os riscos associados a cada uma das tarefas e uma identificação das medidas preventivas dos riscos identificados (Amorim faria, J., 2010).

Segundo Eastman, esta fase de construção, deve ser considerada como a mais sensível aos erros, isto é, sensível aos aspetos negativos relativos não só á fase de construção, mas também às fases anteriores, pois geralmente é aqui que as deficiências dos projetos e do planeamento, se fazem sentir com maior intensidade (Eastman 1999).

Por vezes o empreiteiro acha necessário subcontratar outras empresas para determinados trabalhos, fornecendo a esses empreiteiros alguns elementos de projeto. No final dos trabalhos, os empreiteiros subcontratados devem fornecer uma atualização dos dados que receberam dos projetistas, de forma a que estes estejam efetivamente compatibilizados com os trabalhos realizados.

"A preparação técnica de uma obra obriga à sua desagregação em recursos (mão de obra, materiais, equipamentos e subempreitadas). Cada um destes recursos constitui uma categoria à qual pode ser associada informação adicional, nomeadamente listas de fornecedores, um historial de custos e prazos de execução, etc" (figura 21), (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

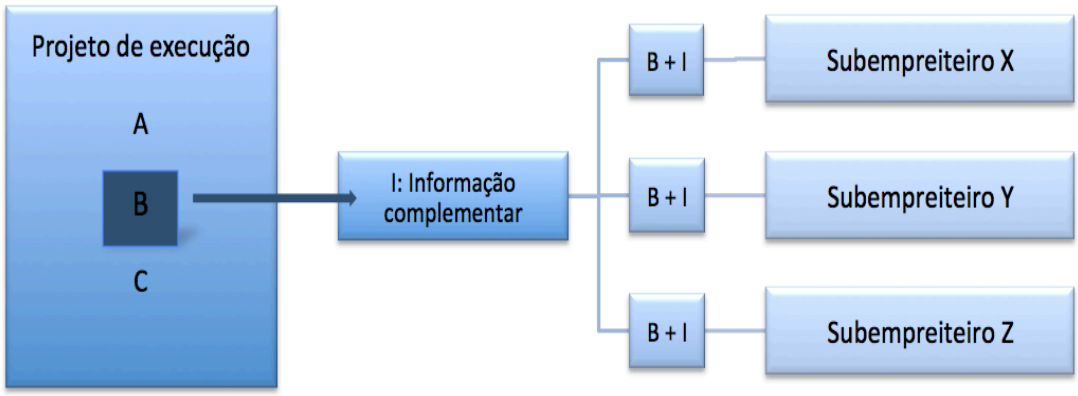


Figura 22 - Desagregação de elementos do projeto a distribuir por subempreiteiros (Poças Martins 2006)

Nesta fase, a fiscalização toma um papel importante, pois a informação sobre custos e prazos, ao ser atualizada durante a fase de concurso, permite a redação de documentos finais tais como o orçamento comercial e o planeamento da obra. Durante a construção muita informação é atualizada, e com a ajuda da fiscalização, a conformidade dos planos de qualidade, saúde e segurança é analisada e posteriormente atualizada se necessário. Os autos de medição são frequentemente examinados de forma a se obter uma faturação correta dos trabalhos realizados, estando toda esta informação é geralmente relacionada com o plano de trabalhos e quantidades. A evolução da construção é periodicamente registada e enviada para o Dono de Obra.

4.2.8. UTILIZAÇÃO E MANUTENÇÃO

Após a recepção da obra estão reunidas as condições para se iniciar a fase de utilização, sendo esta a etapa mais longa do processo construtivo.

O decreto de Lei 68/2004, que estabelece um conjunto de mecanismos que visam reforçar os direitos dos consumidores à informação e à proteção dos seus interesses económicos no âmbito da aquisição de prédio urbano para a habitação regula que, *"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 nº 68/2004, de 25 de Março).

É importante que os intervenientes envolvidos na fase de utilização tenham noção que, da mesma forma que qualquer outro produto, um edifício também precisa de manutenção, pelo que nos edifícios de habitação a maioria dos promotores facultam aos seus clientes um "Manual da Habitação" onde através de informação reunida na fase de projeto e de execução, vêm descritos os cuidados de utilização e manutenção.

4.2.9. DEMOLIÇÃO

A fase de demolição é a última das fases do processo construtivo, e representa o final do ciclo de vida de um empreendimento. Desta forma, deveria ser encarada não como uma atividade mas sim como o final de uma etapa, pois representa o final de um processo.

Esta fase, contudo tem vindo a ganha relevância desde que o tema de sustentabilidade na construção começou a ser mais amplamente estudado. Questões relacionadas com a reutilização dos materiais da construção fazem com que a informação proveniente das fases anteriores ganhe importância, principalmente a que diz respeito ao tipo de materiais utilizados. Esta transição de informação reunida ao ciclo de vida dos produtos é típica da filosofia "Product Lifecycle Management" ("gestão do ciclo de vida do produtos" na língua portuguesa).

Os dados, incluídos no repositório, acerca dos fornecedores de materiais e componentes ou especificação das características estão frequentemente ligados a um sistema CAD, isto é, a um modelo geométrico do produto (POÇAS MARTINS, J.P., 2009).

4.3. INTERVENIENTES

No processo construtivo existe um vasto numero de intervenientes, e no presente trabalho interessa enumerá-los e agrupá-los de forma correta, de acordo com as principais fases da construção (Correia dos Reis, 2008):

Dono de Obra (ou seu representante):

- Gestor Geral da Obra
- Revisão do Projeto
- Gestão Global da Qualidade
- Coordenação e Fiscalização

Autores dos projetos:

- Arquitetura
- Estrutura
- Demolição, Escoramento e Construção Periférica
- Águas e Saneamento
- Gás
- Ventilação e Ar condicionado

- Eletricidade, Telefone e Televisão
- Isolamento Térmico
- Isolamento Acústico
- Proteção Contra Incêndios
- Arranjos Exteriores
- Plano de Segurança e Saúde

Empreiteiro:

- Diretor de Obra
- Técnico de Obra
- Apontador
- Apoio técnico e administrativo
- Encarregado, arvorados, seguidores, chefes de equipa, operários.
- Subempreiteiros

Entidades Fiscalizadoras:

- Câmaras Municipais
- SMAS
- TLP
- EDP
- Bombeiros Municipais
- DGE (Concessionários de gás)
- Delegações de Saúde
- IGT – Inspeção Geral do Trabalho

4.4. A LEGISLAÇÃO NA CONSTRUÇÃO

A legislação é um aspeto de elevada importância em qualquer processo que apresente grande complexidade. O **Código dos Contratos Públicos** (CCP), aprovado pelo DL 18/2008, de 29 de Janeiro, teve origem na necessidade de transpor para o caso Português as Diretivas Comunitárias 2004/17/CE e 2005/75/CE. O CCP, completado pelos diplomas legais que lhe estão associados vieram trazer alterações importantes à legislação anteriormente aplicável à formação e execução dos contratos de empreitada de obras publicas. Segundo este regulamento, a contratação pública deve ser totalmente desmaterializada e apoiada por meios totalmente electrónicos ao longo do processo contratual.

Com a adopção do novo CCP, surgiram novas exigências para o sector da construção relacionadas com:

- A tramitação procedimental de obra passa a ser realizada através de portais na internet (plataformas electrónicas);
- O caderno de encargos e a documentação de obra devem estar em formatos digitais que permitam a ligação com os sistemas de suporte aos procedimentos de contratação;
- A atribuição de responsabilidades sobre os erros e omissões;
- A atribuição de um coordenador geral de todos os projetos;
- A monotorização do sector.

O CCP, quando aplicado de forma correta altera profundamente o sector construtivo, essencialmente porque responsabiliza os projetistas e principalmente o coordenador da equipa. Esta legislação aplica-se não só a obras publicas, mas também a obras particulares, onde o coordenador de projeto fica

responsabilizado por erros e omissões que levem a derrapagens ou mesmo inviabilização dos empreendimentos, através da aplicação de multas que podem atingir até 3 vezes os honorários totais. Posto isto, veja-se o descrito no CCP sobre erros e omissões:

Artigo 378º - Responsabilidade pelos erros e omissões

1 — O dono da obra é responsável pelos trabalhos de suprimento de erros e omissões resultantes dos elementos que tenham sido por si elaborados ou disponibilizados ao empreiteiro, designadamente os elementos da solução da obra.

2 — Quando o empreiteiro tenha a obrigação de elaborar o projeto de execução, é o mesmo responsável pelos trabalhos de suprimento dos respectivos erros e omissões, excepto quando estes sejam induzidos pelos elementos elaborados ou disponibilizados pelo dono da obra.

3 — O empreiteiro é responsável pelos trabalhos de suprimento de erros e omissões cuja detecção era exigível na fase de formação do contrato nos termos do disposto nos n^os 1 e 2 do artigo 61o, excepto pelos que hajam sido identificados pelos concorrentes na fase de formação do contrato mas que não tenham sido expressamente aceites pelo dono da obra.

4 — O empreiteiro é ainda responsável pelos trabalhos de suprimento de erros e omissões que, não sendo exigível que tivessem sido detectados na fase de formação do contrato nos termos do disposto nos n.^os 1 e 2 do artigo 61o, também não tenham sido por ele identificados no prazo de 30 dias a contar da data em lhe fosse exigível a sua detecção.

5 — A responsabilidade do empreiteiro prevista no nº 3 corresponde a metade do preço dos trabalhos de suprimento dos erros e omissões executados.

6 — Sem prejuízo do disposto nos números anteriores, caso os erros ou omissões decorram do incumprimento de obrigações de concepção assumidas por terceiros perante o dono da obra:

a) Deve o dono da obra exercer obrigatoriamente o direito que lhe assista de ser indemnizado por parte destes terceiros;

b) Fica o empreiteiro sub-rogado no direito de indemnização que assista ao dono da obra perante esses terceiros até ao limite do montante que deva ser por si suportado em virtude do disposto nos n.^os 3 a 5.

7 — No caso previsto no número anterior, a responsabilidade dos terceiros perante o dono da obra ou o empreiteiro, quando fundada em título contratual, é limitada ao triplo dos honorários a que tenham direito ao abrigo do respectivo contrato, salvo se a responsabilidade em causa tiver resultado de dolo ou de negligência grosseira no cumprimento das suas obrigações.

Outro exemplo de Legislação é a **Portaria nº 701-H/2008**, de 29 de Julho. Esta portaria, designada de "Instruções para a elaboração de projetos de obras" veio aprovar, ao abrigo do número 7 do artigo 43 do CCP, o conteúdo obrigatório do programa e do projeto de execução, bem como os procedimentos e normas a adoptar na elaboração e faseamento de projetos e a classificação de obras por categorias de complexidade para o caso particular das Empreitadas de Obras Publicas.

No faseamento de projeto descrito anteriormente (ver 4.2.5), a portaria 701-H/2008 apresenta não só um conjunto de definições para cada uma das fases, como também a respetiva documentação que deve ser incluída.

No Artigo 1º da referida portaria, o *"programa preliminar"* é o equivalente ao "*programa*" referido no CCP, e é definido como *"o documento fornecido pelo Dono da Obra ao Projetista para definição*

dos objectivos, características orgânicas e funcionais e condicionamentos financeiros da obra, bem como dos respectivos custos e prazos de execução a observar: corresponde ao programa previsto no artigo 43.º do CCP". No Artigo 2º do Anexo I são representadas de forma mais detalhada as componentes do programa:

Artigo 2º - Programa preliminar

1 — O Programa preliminar contém, além de elementos específicos constantes da legislação e regulamentação aplicável, os seguintes elementos, podendo alguns destes ser dispensados consoante a obra a projetar:

- *Objectivos da obra;*
- *Características gerais da obra;*
- *Dados sobre a localização do empreendimento;*
- *Elementos topográficos, cartográficos e geotécnicos, levantamento das construções existentes e das redes de infraestruturas locais, coberto vegetal, características ambientais e outros eventualmente disponíveis, a escalas convenientes;*
- *Dados básicos relativos às exigências de comporta- mento, funcionamento, exploração e conservação da obra, tendo em atenção as disposições regulamentares;*
- *Estimativa de custo e respectivo limite dos desvios e, eventualmente, indicações relativas ao financiamento do empreendimento;*
- *Indicação geral dos prazos para a elaboração do projeto e para a execução da obra.*

Por outro lado, o projeto de execução, de acordo com alínea t) do artigo 1º é *"o documento elaborado pelo Projetista, a partir do estudo prévio ou do anteprojeto aprovado pelo Dono da Obra, destinado a facultar a todos os elementos necessários à definição rigorosa dos trabalhos a executar".* Ora a definição de "projeto de execução" é associada à existência de um "anteprojeto" ou "estudo prévio" aprovados pelo Dono de Obra.

O "estudo prévio" é então referido no artigo 1º alínea j) do Anexo I, como sendo "o documento elaborado pelo Projetista, depois da aprovação do programa base, visando a opção pela solução que melhor se ajuste ao programa essencialmente no que respeita à concepção geral da obra".

De acordo com o Artigo 3º do Anexo I da referida portaria, as fases de um "projeto" podem então ser divididas em (i) Programa base, (ii) Estudo Prévio, (iii) Anteprojeto e (iv) Projeto de Execução e assistência técnica, podendo, algumas delas, ser dispensadas de apresentação no caderno de encargos, por especificação do Caderno de encargos ou por acordo entre o Dono de Obra e o projetista.

A **Lei nº31/2009** é outro exemplo de legislação aplicada à construção e "*Aprova o regime jurídico que estabelece a qualificação profissional exigível aos técnicos responsáveis pela elaboração e subscrição de projetos, pela fiscalização de obra e pela direção de obra, que não esteja sujeita a legislação especial, e os deveres que lhes são aplicáveis".*

A complexidade crescente do sector da construção e a descentralização face à realidade atual, levaram então à revisão do Decreto nº 73/73, trazendo algumas novidades em comparação com o regime anterior, destas novidades podem-se destacar (PLMJ, 2009):

- Aplicação aos projetos e obras referentes a operações urbanísticas sujeitas a licenciamento ou a comunicação prévia, bem como às empreitadas de obras públicas;
- Consagração da regra da "equipa de projeto", tendencialmente multidisciplinar, e atuando sob a orientação de um coordenador de projeto;
- Previsão dos deveres, funções e responsabilidade dos intervenientes no processo construtivo, incluindo, não só, dos autores de projeto, mas também do diretor de obra e

do diretor de fiscalização de obra;

- Reponderação das qualificações dos técnicos para a elaboração de projetos, em função da especificidade e especialização da sua qualificação, prevendo a elaboração de projetos de arquitetura exclusivamente por arquitetos, de projetos de engenharia por engenheiros e engenheiros técnicos e de projetos de paisagismo por arquitetos paisagistas;
- Definição de regras de responsabilidade civil dos técnicos e obrigatoriedade de celebração de contrato de seguro de responsabilidade civil para o desempenho de qualquer das funções reguladas na Lei.

A presente Lei, como referido anteriormente, estabelece que deve existir um coordenador de projeto sempre que se trate de uma obra pública ou uma operação urbanística sujeita a controlo prévio e especifica quais os profissionais que podem ocupar esta posição. A definição de coordenador de projeto apresentada na Lei é descrita da seguinte forma:

"*Autor de um dos projetos ou o técnico que integra a equipa de projeto com a qualificação profissional exigida a um dos autores, a quem compete garantir a adequada articulação da equipa de projeto em função das características da obra, assegurando a participação dos técnicos autores, a compatibilidade entre os diversos projetos e as condições necessárias para o cumprimento das disposições legais e regulamentares aplicáveis a cada especialidade e a respeitar por cada autor de projeto*", (alínea c) do artigo nº 3 da Lei nº 31/2009).

No artigo 9º da mesma Lei, são expressas as funções do coordenador de projeto, assumindo este a responsabilidade de garantir uma correta compatibilização das peças do projeto, sendo de destacar os seguintes deveres (5):

- Representação da equipa de projeto, durante as fases de projeto perante quaisquer entidades;
- Verificar a qualificação profissional de todos os elementos da equipa;
- Responsabilidade pela articulação da equipa de projeto, garantindo a funcionalidade e exequibilidade técnica das soluções a adoptar, no contexto dos condicionamentos e dos expressos no programa do Dono de Obra;
- Assegurar a compatibilidade entre as peças desenhadas e escritas necessárias à caracterização da obra, de modo a garantir a sua integridade e a sua coerência;
- Atuar junto do Dono de Obra de modo a promover o esclarecimento do relevo das opções de concepção ou de construção no custo ou eficiência da obra, sempre que solicitado;
- Articulação com o coordenador de segurança e saúde, durante a elaboração do projeto;
- Verificação do respeito pelas normas legais e regulamentares aplicáveis;
- Disponibilização de todas as peças do projeto e do processo relativo à constituição da equipa de projeto, aos autores de projeto e, quando solicitado, aos intervenientes na execução de obra e à fiscalização.

Quando comparada a legislação Portuguesa com a legislação de outros países, é possível verificar o seu carácter rígido, que se deve essencialmente ao facto da falta de normalização na construção nacional. portanto, torna-se determinante que o sector adira às novas tecnologias e sistemas de informação, principalmente pela necessidade de produção de documentação técnica e contratual de apoio à realização das obras.

4.5. PLATAFORMA TECNOLÓGICA PORTUGUESA DA CONSTRUÇÃO (CONCRETA, 2011)

Um dos pilares fundamentais da Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção é a criação e

partilha de valências tecnológicas comuns, com custos partilhados que potenciam a competitividade e reconhecimento da "Construção Portuguesa" a nível internacional. Esta entidade tenta introduzir uma iniciativa já existente na comunidade europeia (ECTP – European Construction Technology Platform), com o objetivo de promover o desenvolvimento de tecnologias de informação ao serviço das empresas, e de novos conceitos e metodologias de gestão relevantes para o sector.

Na tabela 6 é apresentada uma estandardização das nomenclaturas utilizadas para as diferentes fases do processo construtivo e para os seus intervenientes lançada pela PTPC.

Tabela 6 - Nomenclatura para as diferentes fases do projeto e diferentes agentes

PORTUGUÊS	***INGLÊS***	***FRANCÊS***
Necessidade	*Inception*	Besoin
Programa preliminar	*Preparation/Brief (appraisal and design brief)*	Programme préliminaire/Préparation
Projeto	*Design*	Conception/Projet
Construção	*Production/Construction*	Production / Construction
Exploração	*Use*	Exploration
Desconstrução	*Demolition/Decommissioning*	Démolition / Démantèlement
Materiais e componentes	*Materials and components*	Matériaux et composants
Programa	*Concept Design*	Programme
Concurso	*Procurement/Tender action*	Appel d'offres
Recepção	*Completion*	Réception des travaux
Reconhecimentos e diagnósticos	*Recognition and diagnosis*	Reconnaissance et diagnostic

PORTUGUÊS	***INGLÊS***	***FRANCÊS***
DONO DE OBRA	*OWNER / WORK OWNER*	MAITRE DE LOUVRAGE
ENTIDADE FINANCIADORA	*FUNDING ENTITY*	ORGANISME DE FINANCEMENT
GESTOR DE PROJETO	*PROJECT MANAGER*	CONDUCTEUR D'OPERATION
COORDENADOR DE PROJETO E EQUIPA PROJETISTA	*DESIGN COORDINATOR AND DESIGNERS*	CONCEPTEURS
REVISOR DE PROJETO	*DESIGN REVIEWER*	CONTROLE TECHNIQUE/METREURS VERIFICATEURS
ENTIDADE LICENCIADORA	*CODE CHECKING AUTHORITY*	_____
FISCALIZAÇÃO	*SUPERVISION*	SURVEILLANCE DES TRAVAUX/ BUREAU DE CONTROLE
EMPREITEIRO	*CONTRACTOR*	ENTREPRENEUR
SUBEMPREITEIRO	*SUBCONTRACTOR*	SOUS-TRAITANT
FORNECEDOR DE MATERIAIS E COMPONENTES	*MATERIALS AND COMPONENTS SUPPLIER*	FOURNISSEUR DE MATERIAUX ET COMPOSANTS
GESTOR DE MANUTENÇÃO	*MAINTENANCE MANAGER*	RESPONSABLE DE MAINTENANCE
UTENTE	*USER*	UTILISATEUR/OPERATEUR

5
SOFTWARES APLICADOS À INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO

5.1. INTRODUÇÃO

A computação no sector da construção, é um campo que tem vindo a ganhar importância principalmente por ser uma área abrangente de todo o ciclo de vida de um edifício, desde a promoção até á sua utilização final. Tradicionalmente o estudo deste tema tem-se focado essencialmente na criação de métodos numéricos de determinação do comportamento físico dos edifícios. Atualmente, a computação na construção inclui modelos geométricos, representação de sistemas técnicos, apoio ao projeto, controlo de sistemas complexos e combinação de informação, focando também aspetos ligados à gestão da construção.

No sector AEC existe um consenso sobre o facto de que os modelos digitais existentes devem incluir processos. Os processos relativos à construção têm sido alvo de vários projetos de investigação nos últimos anos, por exemplo, um estudo realizado na universidade de Standford, tem vindo a investigar as tecnologias 4D de modo a melhor entender estes processos. Na verdade, estudos como o referido, entre outros na área da informática na construção, têm conseguido estimular a utilização de novas tecnologias de informação com o objetivo de otimizar os seus processos no sector AEC (Wolfgang Huhnt, 2010).

Neste capítulo são apresentados alguns *softwares* aplicados aos sector da construção, descrevendo-se para que fase do processo construtivo são utilizados, por quem são utilizados e ainda uma descrição das suas características principais incluído as vantagens e inconvenientes. Contudo é de realçar que a descrição das características, é feitas com base em pesquisa bibliográfica e opiniões de utilizadores, e não a partir da utilização direta dos *softwares*.

5.2. CONTEXTUALIZAÇÃO DOS *SOFTWARES*

Para a realização de um empreendimento é necessário criar modelos com peças desenhadas e visualizações de diversas perspectivas, são necessários cálculos estruturais e analises energéticas. É necessário seguir um planeamento e acompanhar em tempo real os tempos e os custos.

Os softwares em análise neste capítulo abrangem as várias áreas do processo construtivo (Figura 22). A fase de Projeto como é possível verificar, é uma das fases com maior número de aplicações informáticas disponíveis no mercado.

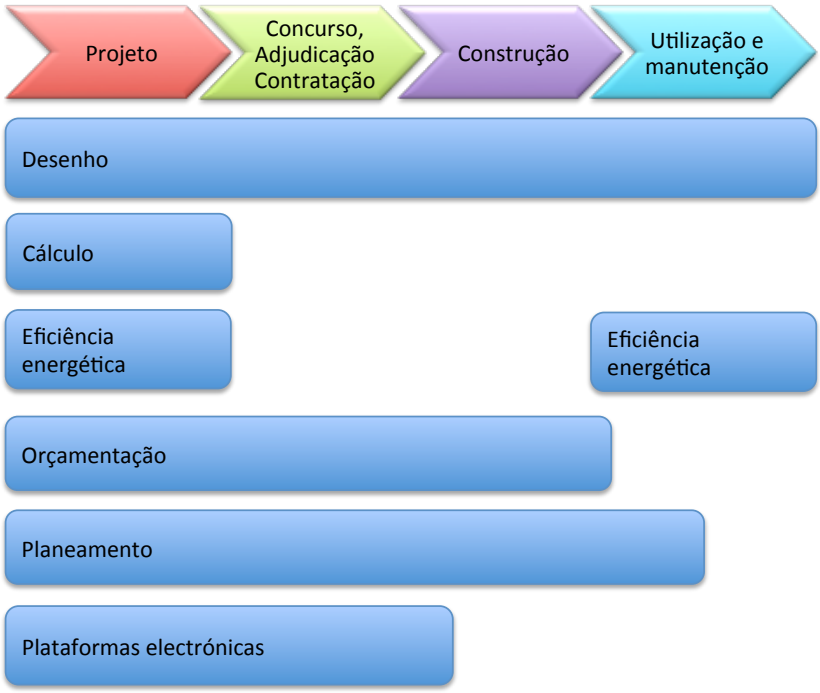


Figura 23 - Contextualização das áreas abrangidas pelos *softwares* em estudo

Na tabela seguinte são apresentados os softwares analisados neste capítulo:

Tabela 7 - Inventário dos softwares em análise

Área de utilização	Software
Desenho	• AutoCAD • ArchiCAD
Cálculo	• Autodesk Robot Structural Analysis Professional
Eficiência Energética	• EnergyPlus • ArchiCAD – Avaliação Energética
Orçamentação	• Arquimedes – CYPE • Candy CCS
Planeamento	• Arquimedes – CYPE
Plataformas electrónicas	• Gatewitt • Vortal

Ao longo deste capitulo são descritas as funcionalidades das aplicações informáticas apresentadas na tabela anterior. A apresentação de cada software é dividida tendo em conta a área de intervenção em que este participa, sendo apresentada uma breve introdução sobre o software em causa como também das suas principais capacidades e contributos para o sector da construção.

5.3. DESENHO

Muito utilizados em industrias com uma linha de produção complexa, como por exemplo a industria automóvel, os sistemas CAD, são também utilizados na industria da construção auxiliando os Engenheiros Civis no desenvolvimento de projetos, plantas e desenhos que posteriormente são utilizados para dar inicio ao empreendimento. Com o aumento de complexidade dos empreendimentos, os programas CAD trouxeram maior qualidade em menos tempo.

O AutoCAD® foi o pioneiro neste ramo, contudo ao longo do tempo foram surgindo vários outros programas desenvolvidos para facilitar o trabalho no sector da construção. Com estes softwares é possível desenvolver projetos e apresentações dos trabalhos de uma forma mais exata sendo que muitos destes incluem ferramentas automatizadas. Este tipo de *softwares* apresentam uma significativa importância ao longo da fase de projeto, permitindo a representação das características físicas de um empreendimento.

5.3.1. AUTOCAD

5.3.1.1. Breve introdução

o *AutoCAD* é um software CAD de apoio à fase de projeto de um empreendimento. Este suporta formatos tanto 2D como 3D. Desenvolvido pela *Autodesk* desde 1982, é atualmente utilizado numa grande variedade de industrias e de utilizadores, desde arquitetos, engenheiros a gestores de projeto, entre outras profissões. As primeiras versões do *AutoCAD* eram bastante primitivas, utilizando apenas linhas, polilinhas, círculos, áreas e texto, enquanto que as versões mais modernas deste software já incluem conjuntos complexos de ferramentas para modelação de objetos. Na versão lançada em 2007, foram incluídas ferramentas de modelação em 3D que de recriaram a forma de projetar, visualizar e documentar um projeto. Com o *AutoCAD 2010* foram introduzidas novas funcionalidades paramétricas de objetos. As ultimas versões deste Software lançadas pela Autodesk são o *AutoCAD 2013* e o *AutoCAD 2013* para *Mac*, e as suas características são descritas de forma detalhada neste trabalho.

5.3.1.2. Características Principais

O AutoCAD permite explorar ideias novas e cria-las de forma livre. A interoperabilidade torna-se uma prioridade e de forma a responder às necessidades dos utilizadores, foram criadas ferramentas avançadas de documentação que permitem a automação de tarefas, acompanhar os projetos desde a concepção até à sua conclusão e partilhar toda a documentação importante de forma rápida e eficaz. De seguida são apresentadas de forma mais detalhada as características que marcam o AutoCAD, e que podem ser divididas de acordo com as necessidades ao longo do desenvolvimento do projeto, tais como a fase de criação e a necessidade de documentar e partilhar informação (Lusocuanza.com).

Criar:

Com as novas ferramentas disponíveis no AutoCAD, é agora mais fácil criar objetos do zero, bem como experimentar uma liberdade criativa que permite a criação de qualquer tipo de objeto. Mais especificamente, ações como empurrar ou puxar faces, arestas ou vértices são facilitadas com este software de modo a possibilitar a criação de objetos complexos. A criação em 3D passa a ser muito mais simples, apresentando um ambiente de aprendizagem fácil. O AutoCAD permite escolher entre centenas de diferentes materiais e estilos de iluminação com o objetivo de criar uma renderização o

mais realista possível. A visualização dos objetos é feita de forma a ajudar o utilizador permitindo caminhar ou sobrevoar um modelo, rodar, orientar, e ampliar qualquer ponto de um objeto.



Figura 24 - Representação de um edifício em 3D, modelado com o AutoCAD, visto de duas perspectivas diferentes e com dois tipos de iluminação distintos.

Documentar:

Com o conjunto de ferramentas de documentação encontradas no AutoCAD, o tratamento de documentos processa-se de forma rápida e eficaz. O AutoCAD *Sheet Set Manager* proporciona uma organização das folhas de desenho e torna possível criar automaticamente vistas de esquemas, relacionar informação do conjunto de folhas com legendas e executar tarefas num conjunto, tudo em um único lugar.

No AutoCAD encontram-se ferramentas de formatação que permitem manipular mais facilmente o texto, vendo, dimensionando e posicionando-o conforme se vai escrevendo e também ferramentas capazes de criar e gerir tabelas utilizando estilos pré-definidos.

A extração de dados dos objetos torna-se fácil e rápida possibilitando, de forma automática, a sua exportação para ficheiros externos. A importação de dados é também possível com o AutoCAD, através, por exemplo, da sincronização de ficheiros Excel com os projetos em AutoCAD. Estas ligações podem ser automaticamente atualizadas, eliminado a necessidade de atualizar separadamente os ficheiros externos e obtendo-se assim um processo mais consistente e eficiente.

As capacidades do AutoCAD apresentam muitas outras funcionalidades que melhoram o processo de trabalho. Gestão das propriedades dos *layers*, trabalho com vários ficheiros em simultâneo e a definição de relações entre objetos são algumas das funcionalidades existentes neste software que têm sido melhoradas com o objetivo de reduzir tempos, custos e de acrescentar qualidade à forma de trabalhar e consequentemente ao projeto.

Partilhar:

Com o AutoCAD é possível gravar e partilhar ficheiros com confiança. A tecnologia DWG da Autodesk permite , de forma precisa armazenar e partilhar dados de projeto ao trabalhar com outros intervenientes, conferindo integridade e fiabilidade aos dados. Outro formato suportado para partilha de dados é o PDF. Este formato permite a partilha e reutilização de projetos, publicando ficheiros PDF diretamente a partir de desenhos do AutoCAD

A criação de apresentações e criação de modelos 3D com uma renderização fotorrealista, são agora

possíveis com as ferramentas disponíveis neste software. Por exemplo, o Autodesk *Impression* permite criar gráficos para apresentações diretamente a partir de ficheiros DWG e DWF. Com a tecnologia ShowMotion, é possível criar animações para navegar pelo projeto, apresentando imagens em miniatura das vistas do desenho.

5.3.1.3. Custo

É possível obter uma licença do AutoCAD 2013 por cerca de 3.060,00€, com sistema completo. A atualização de versões antigas do software é também uma solução que a Autodesk disponibiliza. Estudantes, professores e escolas podem ainda obter versões educacionais sem qualquer custo.

5.3.2. ARCHICAD

5.3.2.1. Breve história

ArchiCAD é um software BIM CAD para arquitetos, desenvolvido pela empresa húngara Graphisoft. O ArchiCAD oferece soluções especializadas para lidar com todos os aspectos comuns de estética e de engenharia durante toda a fase de projeto do edifício, desde interiores até às áreas urbanas, etc.

O desenvolvimento do ArchiCAD começou em 1982 para o original Apple Macintosh. ArchiCAD é reconhecido como o primeiro produto CAD existente num computador pessoal capaz de criar tanto desenhos 2D como geometrias em 3D paramétricas (Ian Howell e Bob Batcheler). Na sua estreia em 1987, o ArchiCAD tornou-se a primeira implementação do BIM com o conceito "Virtual Building". atualmente, na industria da construção, mais de 150 mil arquitetos utilização as capacidades do ArchiCAD no seu dia-a-dia.

5.3.2.2. Características gerais (Lachmi Khemlani,2012)(ArchiCAD16_Brochura)

- **Ferramenta MORPH:**

Com o ArchiCAD é possível criar qualquer tipo de forma a partir do zero. A ferramenta MORPH, que permite a realização de alterações, não apresentando qualquer limitação geométrica. Com este aplicação o utilizador consegue projetar modelos conceptuais, elementos estruturais personalizados ou mesmo a sua própria biblioteca personalizada. Os elementos produzidos com esta ferramenta são componentes plenas do ArchiCAD e são visíveis em todas as vistas e listas produzidas neste software, possibilitando a sua exportação para aplicações de analise estrutural, MEP, análise energética, entre outros. Todos estes factores tornam esta nova ferramenta numa solução completa para a criação de qualquer tipo de elementos.

Outro aspeto importante desta ferramenta, é a sua capacidade de transformar qualquer elemento ou grupo de elementos em um elemento MORPH, permitindo uma liberdade de edição dos mais variados parâmetros, por exemplo, é possível editar um elemento MORPH como um todo ou um qualquer dos seus subelementos isoladamente, tais como, faces, arestas ou pontos.

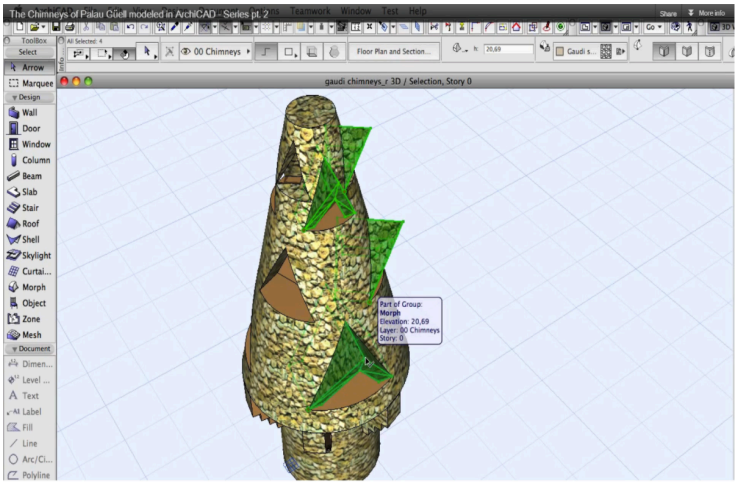


Figura 25 - Apresentação da ferramenta MORPH aplicada às chaminés de Palau Guell

Em suma, a ferramenta MORPH, fornece uma solução ótima para a criação de elementos personalizados tais como: componentes BIM, elementos estruturais, elementos da área envolvente e também dos interiores dos edifícios.

- **Componentes BIM:**

O ArchiCAD tenta alterar a maneira como os utilizadores obtêm os componentes BIM para os seus projetos. Com novas ferramentas de auxilio à modelação associado a uma "base de dados em nuvem" de componentes BIM, este software permite aos seus utilizadores criar, pesquisar e fazer download dos componentes à sua escolha. O BIMcomponents.com fornece também um "mercado" central para todo o tipo de objetos GDL (GDL significa Geometric Description Language, e é o formato utilizado nos objetos do ArchiCAD) com o objetivo de chegar diretamente ao utilizadores do ArchiCAD. Existe uma ligação direta para esta base de dados a partir do ArchiCAD através da ferramenta "Objecto". Na figura 23 é possível ver um exemplo no qual mostra a biblioteca do ArchiCAD apresenta uma coleção de cadeiras. Após selecionar um dos componentes consegue-se ver as suas propriedades em detalhe.

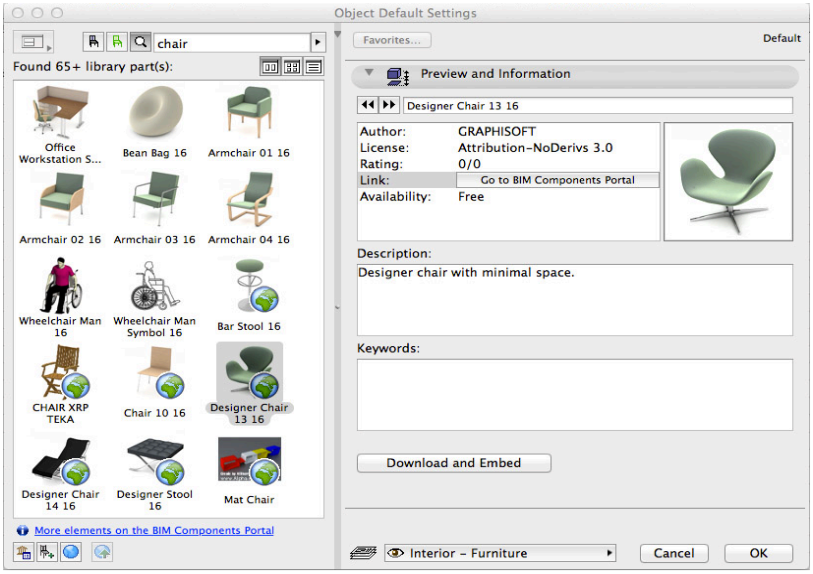


Figura 26 - interface da biblioteca disponível em ArchiCAD

A "base de dados em nuvem" permite um acesso direto a milhares de elementos GDL em um único

lugar. A coleção de elementos aqui disposta continua em crescimento graças a elementos provenientes de utilizadores, criadores de GDL e de fabricantes. O BIMcomponents.com permite a obtenção de elementos fidedignos em 2D e 3D sob a forma de objetos GDL, importando-os diretamente para biblioteca individual de cada utilizador. Neste portal é ainda possível obter opiniões e recomendações do resto da comunidade, obtendo assim uma melhor qualidade dos objetos em geral.

- **Produtividade:**

O ArchiCAD suporta a vista de coordenação IFC 2x3, que atualmente é a vista mais utilizada do formato IFC. Pelo facto de suportar vários tipos de dados IFC, a sua exportação é compatível com outras definições de visualização de modelos IFC e apesar de o numero de propriedades IFC ser elevado, com este software a sua gestão está muito mais facilitada. O ArchiCAD melhorou a forma como manuseia a transferência de dados IFC e DXF/DWG, facilitando a relação com outros intervenientes que utilizem diferentes softwares.

À habitual cópia de segurança dos projetos BIM, a última versão o ArchiCAD permite uma cópia de segurança dos ficheiros BIM locais do projeto. Deste modo é possível continuar a trabalhar mesmo que o servidor pare de funcionar devido a avarias, permitindo abrir ficheiros gravados enquanto o servidor está a ser reparado.

5.3.2.3. Custo

É possível obter uma licença de um ano do ArchiCAD 16 por cerca de 3.150,00€, caso seja a primeira licença. A atualização de versões antigas do software é também uma solução que a Graphisoft disponibiliza. Estudantes, professores e escolas podem ainda obter versões educacionais sem qualquer custo.

5.4. CALCULO ESTRUTURAL

Atualmente existem no mercado diversos softwares de análise estrutural e neste trabalho é apresentado o Robot Structural Analysis da Autodesk. O cálculo estrutural é utilizado para analisar o comportamento de estruturas submetidas a diversos tipos de esforços (como por exemplo peso próprio, sobrecargas, cargas móveis ou acidentais, ação do vento, chuvas, inundações, gelo, terramotos e variações de temperatura ambiente, incêndios, explosões, etc.), aplicados em várias direções, com o objetivo de verificar a resistência adequada dos elementos estruturais sob combinações de carregamentos extremos ao longo de sua vida útil e também com o intuito de prever as deformações das mesmas sob combinações normais de carregamento durante sua utilização.

5.4.1. AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL

5.4.1.1. Breve história

Desenvolvido pela Autodesk, empresa multinacional Americana que se foca no desenvolvimento de software 3D para a industria AEC, o Robot Structural Analysis professional permite aos engenheiros de estruturas, capacidades avançadas de simulação e análise de estruturas de grande dimensão e complexidade.

5.4.1.2. Características gerais

O Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional, permite aos engenheiros de estruturas analisar variados tipos de estruturas, incluindo edifícios, pontes e outras estruturas especiais,

proporcionando uma solução dimensionável e localizada para cada país. A biblioteca de códigos de projetos existente neste software permite o calculo de uma grande variedade de estruturas, chegando a resultados em apenas alguns minutos. A versatilidade do Autodesk Robot Structural Analysis Professional, garante uma análise de elementos finitos desde as estruturas mais simples até às mais complexas, por exemplo, projetos de betão armado e de aço estrutural, e oferece uma interoperabilidade continua com os outros produtos da Autodesk de engenharia de estruturas ou programas de terceiros.

O Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional, é uma ferramenta capaz de criar automaticamente malhas de elementos finitos, dando aos engenheiros de estruturas meios mais rápidos de resolução das simulações e calculo mesmo dos modelos mais complexos. de seguida são apresentadas de forma detalhada as principais funcionalidades do Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional:

- Ligações bidirecionais contínuas com o Autodesk Revit Structure
- Capacidades avançadas de elaboração automática de malhas de elementos finitos
- Vasto leque de capacidades de análise
- Solucionadores de análise avançados
- Vasta disponibilização de resultados de análise
- Idiomas múltiplos e diferentes sistemas de unidades para os mercados globais
- Especificidades e Códigos de Projeto localizados por país
- Solução de projeto integrado para betão armado e aço
- Fluxo de trabalho integrado desde a análise e projeto de estruturas até aos desenhos de produção
- API (interface de programação de aplicações) aberta e flexível

Ligações Bidirecionais Contínuas com o Autodesk Revit Structure: Sem ser necessário recorrer a interfaces, permite a importação e exportação de modelos de estruturas entre o Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional e o Autodesk® Revit® Structure graças às ferramentas de integração de análise Revit® Extensions. As ligações bidirecionais permitem que os resultados de análises e projeto possam ser atualizados durante a elaboração do modelo de informação do edifício para se obter uma documentação de construção mais coordenada.

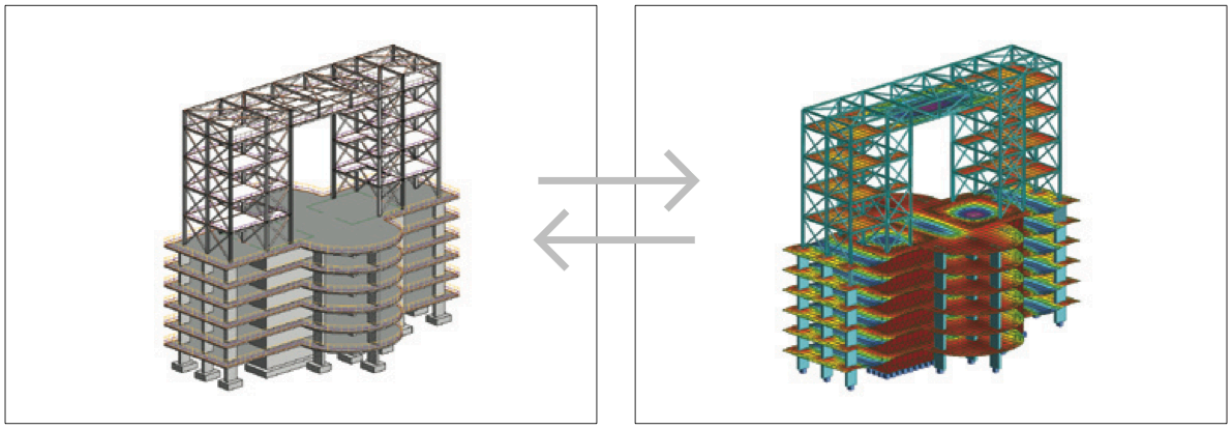


Figura 27 - Modelação no Autodesk Revit Structure (esquerda), Análise de estruturas no Robot Structural Analysis (direita)

Capacidades Avançadas de Elaboração Automática de Malhas de Elementos Finitos: As técnicas avançadas de elaboração de malhas são uma característica importante para os engenheiro de estruturas que precisam de trabalhar em modelações complexas com o mínimo de esforço possível. A elaboração automática de malhas e a definição manual dos parâmetros dessas malhas podem ser manuseadas de forma independente para cada painel, permitindo a criação de uma malha de elementos finitos de alta qualidade para obtenção de resultados de análise mais rigorosos.

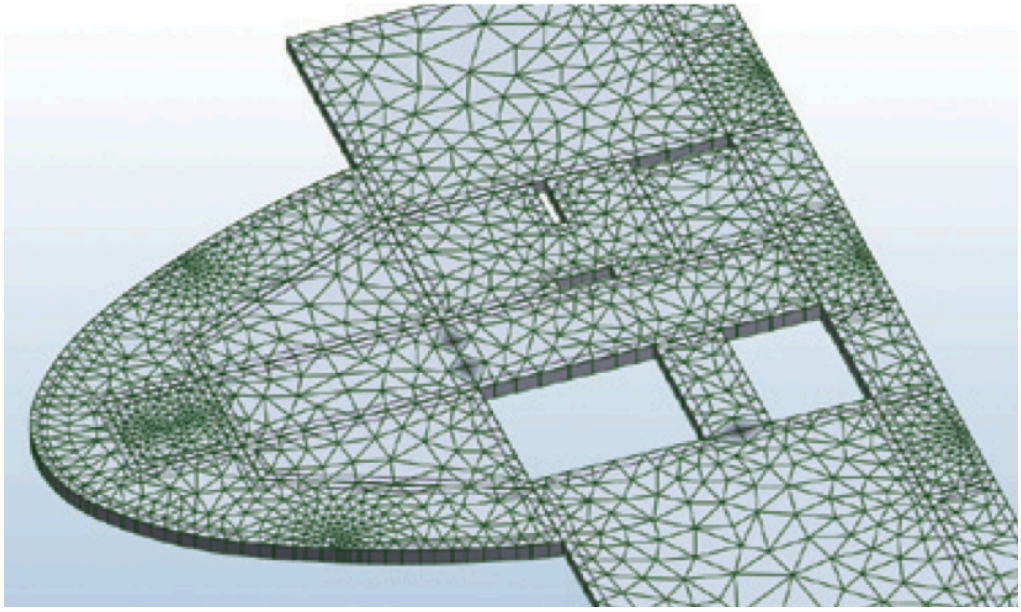


Figura 28 - Criação de malhas de elementos finitos

Vasto Leque de Capacidades de Análise: permite encontrar comportamentos lineares e reais não lineares de qualquer estrutura. O Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional permite ainda a análise simples e eficaz de muitos tipos de não linearidade, como a análise P-delta; vigas de tensão/compressão; suportes, cabos e dobradiças de plástico. Também permite explorar a resposta das estruturas criadas, a cargas dinâmicas como frequências harmónicas, sismicidade e tremores de terra.

Vasta Disponibilização de Resultados de Análise: O Autodesk Robot Structural Analysis Professional proporciona flexibilidade na obtenção de resultados de análises. Consegue rever os resultados, tais como visualizações e dados não processados recorrendo a vários tipos de outputs, incluindo:

- Disposição em tabelas o que permite filtragem e ordenações rápidas
- Diagramas em vigas
- Cortes na envolvente do edifício
- Mapas ilustrados a cores
- Tensões para toda a estrutura numa viga ou pilar
- Tensões ilustradas num sentido selecionado para sólidos e envolventes do edifício.

Os documentos podem ser apresentados no formato Microsoft® Word® ou como um documento HTML. Os conteúdos das tabelas podem ser gravados em formato Microsoft® Excel®.

idiomas Múltiplos e Sistemas de Unidades para os Mercados Globais: Apoia equipas de projeto multinacionais que utilizam múltiplos idiomas, incluindo Inglês, Francês, Romeno, Espanhol, Holandês, Russo, Polaco, Chinês e Japonês. As análises estruturais podem ser feitas num idioma e

disponibilizadas noutro e as unidades métricas e imperiais podem ser utilizadas simultaneamente dentro do mesmo modelo estrutural.

• **Especificidades e Códigos de Projeto Localizados por País:** O Autodesk Robot Structural Analysis Professional inclui mais de 60 secções e bases de dados de materiais de todo o mundo. Com um conjunto de mais de 70 códigos de projeto incorporados. Os engenheiros de estruturas podem trabalhar modelos de secções específicos de cada país, unidades imperiais ou métricas ou códigos de construção localizados no mesmo modelo integrado.

• **Solução de Projeto Integrado para Betão Armado e Aço:** Este software inclui módulos de projeto integrado para betão armado e aço com base em mais de 40 códigos internacionais para o aço e 30 códigos para o betão armado, ajudando a simplificar a fase de projeto e apoiando a seleção, verificação e optimização de elementos estruturais.

• **Fluxo de Trabalho Integrado desde a Análise e Projeto de Estruturas até aos Desenhos de Produção:** com o Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional é possível criar modelos estruturais e executar análises e projetos de estruturas, fazendo depois a transferência do modelo e dos resultados, sem conversões, para o AutoCAD® Structural Detailing, para a criação de desenhos de produção. Deste modo a engenharia estrutural consegue tirar partido de um fluxo de trabalho integrado desde o projeto passando pela análise até à produção.

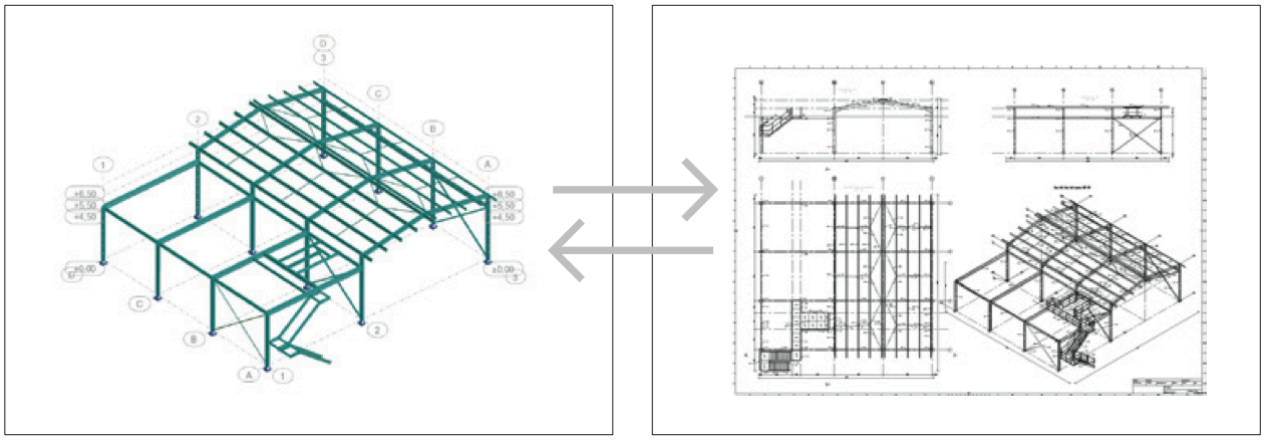


Figura 29 - Análise de estruturas no Robot Structural Analysis (esquerda), Desenhos de estaleiro criados com o AutoCAD Structural Detailing (direita).

• **API Aberta e Flexível:** O Autodesk Robot Structural Analysis Professional utiliza tecnologias COM (Component Object Model) da Microsoft permitindo uma API (interface de programação de aplicações) aberta e flexível. As possíveis utilizações desta interface:

- Ligação do Autodesk Robot Structural Analysis Professional com programas externos, como o Microsoft® Excel, Microsoft® Word, e AutoCAD®.
- Extração de resultados do Autodesk Robot Structural Analysis Professional.
- Desenvolvimento de software de pós-processamento, tal como análise codificada especial para aço, betão, madeira e alumínio.
- Criação de estruturas paramétricas no Autodesk Robot Structural Analysis Professional.

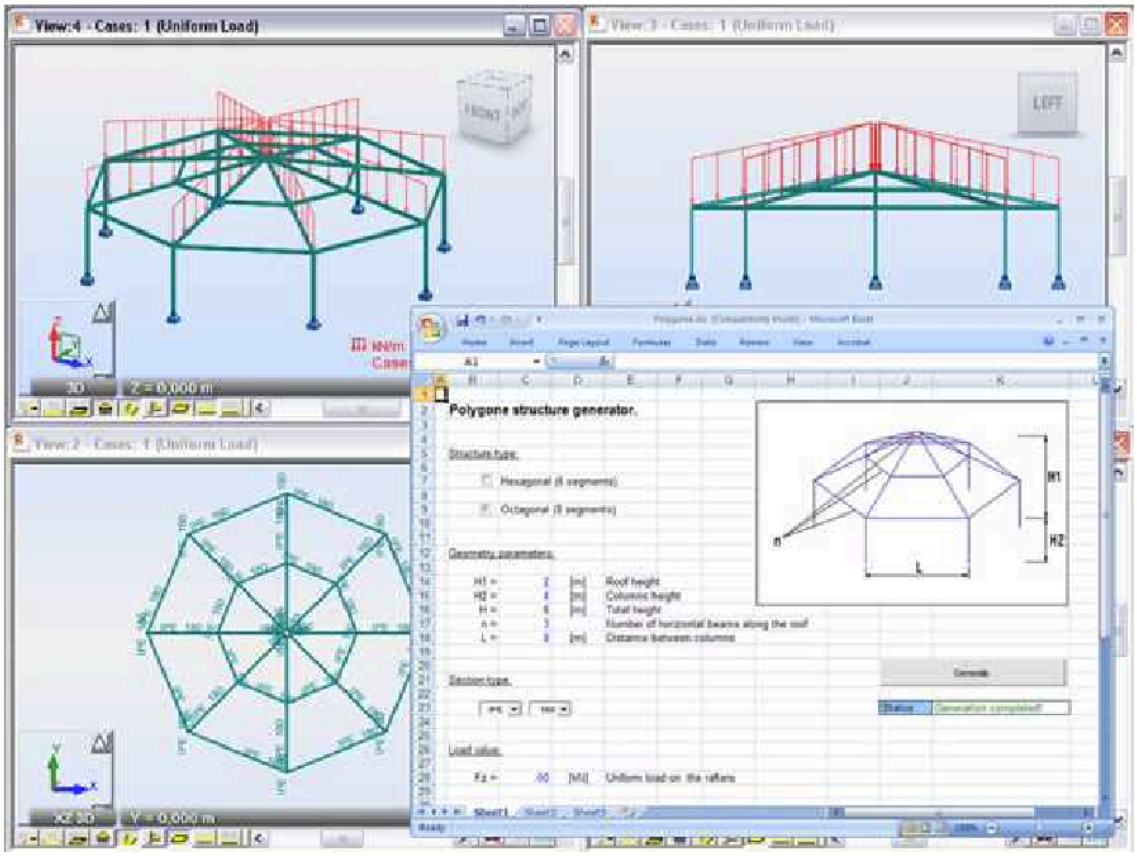


Figura 30 - Exemplo de integração do Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional com o Microsoft® Excel

5.4.1.3. Custos

É possível obter uma licença de um ano do Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2013 por cerca de 4,493,00€. A atualização de versões antigas do software é também uma solução que a Autodesk disponibiliza. Estudantes, professores e escolas podem ainda obter versões educacionais sem qualquer custo.

5.5. ORÇAMENTAÇÃO

A orçamentação é prever o custo de uma obra antes da sua execução. O orçamento resulta de um conjunto de serviços previstos e planeados, necessários à execução da empreitada. Trata-se de uma previsão de custos ou estabelecimento de preços dos serviços a realizar, podendo-se referir a ao todo de um empreendimento ou apenas a alguns serviços. Sendo o orçamento um dos elementos para a tomada de decisões, nos casos de concurso público, existe a obrigatoriedade legal da previsão dos preços para que o órgão público possa escolher que empresa irá executar a obra.

5.5.1. ARQUIMEDES – CYPE (HTTP://ARQUIMEDES.CYPE.PT)

5.5.1.1. Breve introdução

O programa *Arquimedes* desenvolvido pela **CYPE Ingenieros** permite uma tratamento integral de um

empreendimento e é capaz de gerar conjuntos de documentos de projeto como o Orçamento, Caderno de encargos, Mapa de Trabalhos, Plano de Trabalhos, Cronograma Financeiro, Ficha Técnica da Habitação (incluindo o Manual de Utilização e Manutenção referido anteriormente) e ainda Autos de Medição (figura 31).

Utilizado por Orçamentistas, Arquitetos, Engenheiros e Construtoras, as funcionalidades do Arquimedes encontram-se divididas em vários módulos:

- Orçamento de obra
- Bases de preços e composições
- Levantamento CAD
- Controlo de obra e financeiro
- Multiusuários do Arquimedes

Os orçamentos podem ser elaborados a partir de uma base de dados, por exemplo o Gerador de Preços, ou criado de raiz. O Arquimedes permite ainda que os orçamentos sejam divididos em capítulos, subcapítulos ou artigos, sendo que as medições podem ser introduzidas diretamente ou através de medições realizadas a partir de ficheiros CAD ou imagens.

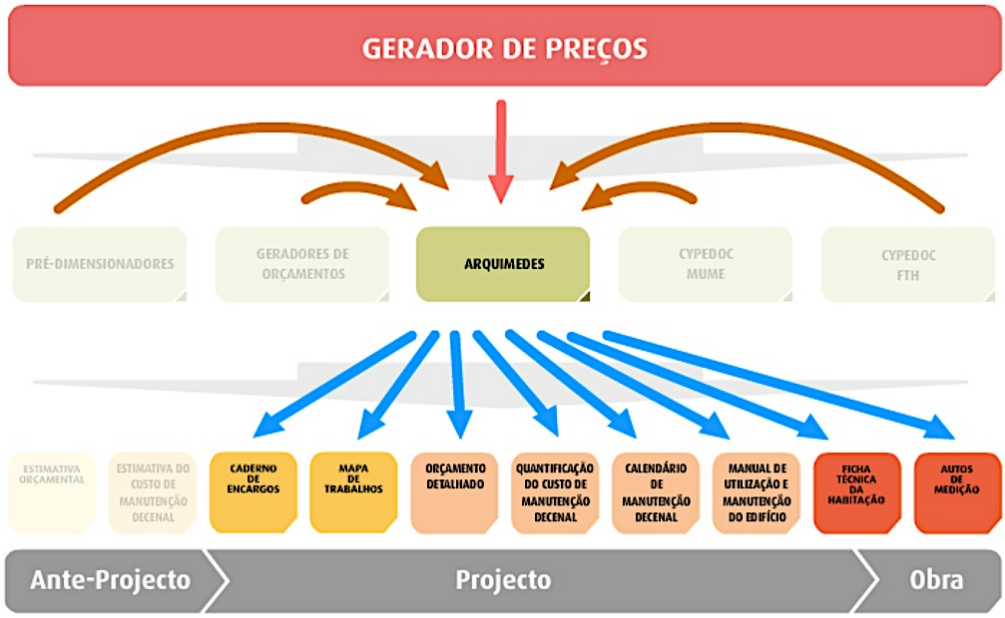


Figura 31 - Esquema representativo do software Arquimedes

5.5.1.2. Características principais

Com o Arquimedes, a estrutura e organização do orçamento é da responsabilidade do utilizador, podendo este criar uma estrutura nova ou utilizar uma já existente de outro orçamento. No desenvolvimento de orçamentos, o Arquimedes permite uma ligação com a ferramenta informática *Gerador de Preços*, que oferece uma base de dados de preços ajustada á realidade. O gerador de preços inclui ainda um sistema paramétrico para seleção das características que constituem cada artigo, como por exemplo, opções tipológicas, geográficas e económicas que se refletem no custo final da obra. Este software apresenta ainda um banco de preços que pode ser editado conforma as necessidades do utilizador.

Para a geração automática de orçamentos, o Arquimedes dispõe de um conjunto de assistentes que geram automaticamente orçamentos base de referencia sobre os quais podem ser feitas alterações e ajustes conforme necessário. Existem 6 assistentes :

- Pré-dimensionador para habitações unifamiliares isoladas.
- Pré-dimensionador para habitações unifamiliares entre edificações contíguas.
- Pré-dimensionador para edifícios multifamiliares isolados.
- Pré-dimensionador para edifícios multifamiliares entre edificações contíguas.
- Pré-dimensionador para habitações em banda.
- Pré-dimensionador para habitações em banda entre edificações contíguas.

Ora os assistentes são os pré-dimensionadores que podem ser executados a partir do Arquimedes, com a vantagem de otimizar o tempo necessário para a realização do orçamento. Contudo o Arquimedes permite também a opção de não trabalhar com os pré-dimensionadores abrindo um orçamento vazio.

Documentos como o Caderno de encargos ou o plano de controlo de qualidade são redigidos automaticamente, isto é, o Arquimedes recebe informação de outros módulos que lhe permite criar a documentação automaticamente.

O módulo Levantamento CAD, permite que as medições sejam introduzidas de forma detalhada em tabelas e depois atribuídas a artigos ou através de medições obtidas a partir de ficheiros CAD, sem necessitar de ter o AutoCAD (DXF e DWG), ou imagens (JPGE, JPG, BMP, WMF, EMF e PCX). Possui total integração com o Excel, permitindo a importação e exportação de dados do orçamento.

Com o Arquimedes os utilizadores podem realizar ajustes e comparações de orçamentos. Possibilita a criação de um orçamento de custo, para uso interno e outro de vendas destinado para os clientes.

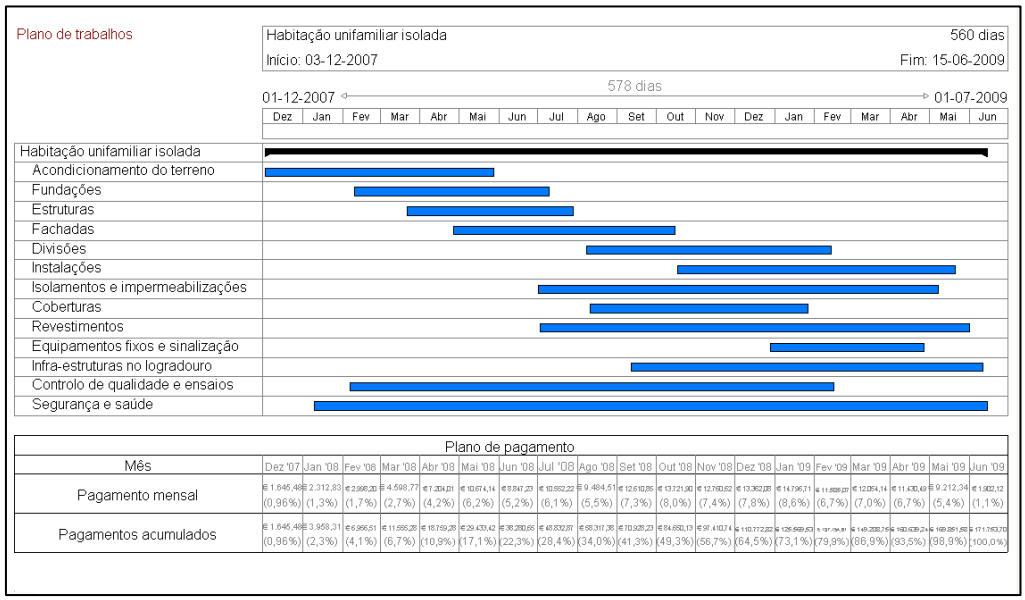


Figura 32 - Esquema exemplo do diagrama de Gantt (Plano de trabalhos)

As funcionalidades do Arquimedes expandem-se também para o planeamento, permitindo obter diagramas de Gantt, cronogramas (planos de pagamentos, cronogramas financeiros, planos de equipamentos, mão de obra e de materiais)(Figura 32), Autos de medição e listagens que facilitam o processo e aumentam a sua rapidez e eficiência.

5.5.2. CANDY CCS

5.5.2.1. Breve história

O Sistema Candy é um Sistema Integrado de Gestão de Projetos, especificamente desenvolvido para a Indústria da Construção e é constituído pelos seguintes módulos: Orçamentação, planeamento, controle de produção, previsões, gestor de desenhos e gestor de materiais. Desenvolvido pela Construction Computer Software, o sistema Candy/CCS tem recebido prémios, como por exemplo o de melhor software para a industria da construção no Médio Oriente, atribuído pela The Big Project e BGreen Awards 2011. O Candy é utilizado tanto por grandes consórcios multinacionais, mas também por pequenas empresas, oferecendo ferramentas de fácil utilização destinadas à gestão de projetos de construção.



Figura 33 – Organização do sistema Candy

5.5.2.2. Características principais

Neste subcapítulo são apresentadas as principais características do sistema Candy em relação à orçamentação, descrevendo de que forma este software melhora a gestão dos projetos.

Com o sistema Candy, um orçamentista pode, com facilidade e rapidez, preparar propostas rigorosas e identificar os elementos críticos de um orçamento. O acesso a bases de dados de artigos permitem uma composição de preços precisa e bem documentada minimizando assim o aparecimento de erros e facilitando a preparação de orçamentos. A criação do articulado do Dono de Obra fica também facilitada com a distribuição dos preços unitários por diferentes capítulos ou especificações e com a possibilidade de importar listagens de clientes.

As quantidades utilizadas na orçamentação e nos autos de produção podem ser extraídas de forma electrónica a partir de desenhos 2D e 3D (BIM). Na figura 34 está representada a extração de quantidades de um modelo BIM em 2D. Além da possibilidade de extração de quantidades, estes

modelos têm a vantagem de conter informação adicional sobre os elementos do projeto representados nos desenhos. No caso de desenhos em 3D, é ainda possível relacionar itens do articulado que são utilizados na fabricação de um elemento, com o próprio elemento.

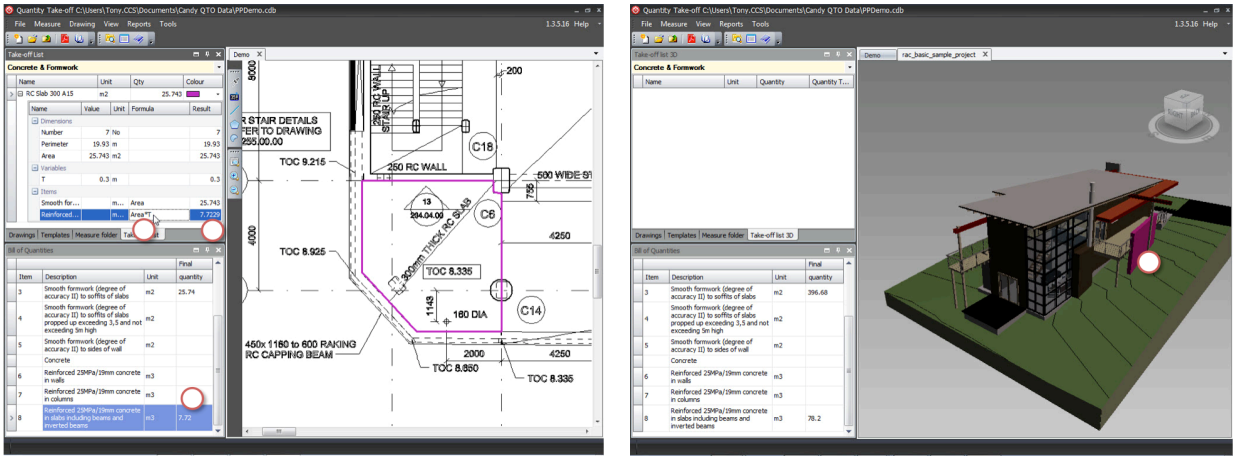


Figura 34 – Extração de quantidades de um desenho 2D – Candy CCS

A composição dos preços unitários é feita tendo por base os recursos utilizados e os respetivos rendimentos de produção. Nas folhas de calculo podem ainda ser incluídos comentários justificativos para assegurar que todos os intervenientes na orçamentação e posteriormente na produção, tenham um conhecimento da forma como foi definido o preço.

O Candy CCS permite gerir custos indiretos, fixos e variáveis relacionados coma duração da obra. O calculo de custos indiretos por exemplo é feito numa lista de quantidades distinta da principal, contudo esta lista permite atualizar automaticamente sempre que existem alterações no plano de trabalhos (Figura 35).



Figura 35 – Exemplo de atualização automática com o Candy CCS

Para a escolha de um subempreiteiro, o Candy permite selecionar os artigos a adjudicar e criar um mapa comparativo de análise de propostas de subempreitadas. Após a seleção do subempreiteiro, é feita a introdução dos preços unitários diretamente no orçamento. Outra funcionalidade deste software

é a possibilidade de serem efectuados cálculos, num orçamento base, de várias propostas alternativas e com soluções diferentes.

O valor do orçamento pode ser analisado nas diferentes especialidades ou por código de tarefas caso seja necessário maior detalhe. O Candy disponibiliza um vasto conjunto de relatórios normalizados dependendo das necessidades dos utilizadores:

- Listagens do Articulado, para uso interno ou entrega ao Dono de Obra;
- Listagens dos custos indiretos, com previsões mensais de valores e consumos de recursos;
- Mapas de quantidades;
- Representação da análise por especialidade em gráficos de barras;
- Preços ordenados por valor;
- Análise de desperdícios;
- Análise de rendimentos hora/homem, etc.

Está ainda disponível um editor de relatórios, com o qual é possível personalizar documentos para clientes ou para uso interno.

Através da integração do orçamento com o planeamento, consegue-se manter uma previsão temporal rigorosa de quantidades e de custos. Qualquer alteração que seja efetuada no planeamento ou no orçamento é refletida imediatamente nas previsões efetuadas.

5.6. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Tendo noção que o mundo atual não vive sem energia eléctrica é importante desenvolver o conceito de eficiência energética. Devido ao crescente consumo de energia que se verifica a cada ano e ao interesse de muitos países em economizar energia, o conceito de EE foi criado para que o consumo de energia seja repensado em prol da sustentabilidade, e têm sido desenvolvidos alguns softwares de simulação da envolvente das edificações.

5.6.1. ARCHICAD - AVALIAÇÃO ENERGÉTICA

Outra característica chave do ArchiCAD é a funcionalidade de avaliação energética que na ultima versão surgiu incorporada no software e não só como um plug-in adicional. Com esta nova funcionalidade todos os utilizadores podem realizar avaliações de sustentabilidade dentro da aplicação BIM, sem ser necessário exportar dados para outras aplicações ou sem a adição de qualquer plug-in. Esta ferramenta é essencial em fases iniciais de projeto, quando diferentes estratégias de redução de custos são ainda implementáveis.

A avaliação energética baseia-se na análise geométrica do modelo BIM e em dados meteorológicos, obtidos de hora em hora, da zona onde o edifício se encontra localizado. A maior parte da análise geométrica é feita automaticamente, e quando a opção "Avaliação Energética" é selecionada, o modelo de arquitetura do edifício transforma-se diretamente num modelo Térmico. Um único elemento é automaticamente dividido em várias partes, se necessário, dependendo na sua posição, (por exemplo, abaixo ou acima da cota do terreno), de modo a permitir o calculo de valores energéticos precisos. Em seguida é apresentada uma figura de uma das várias visualizações possíveis de um modelo energético.

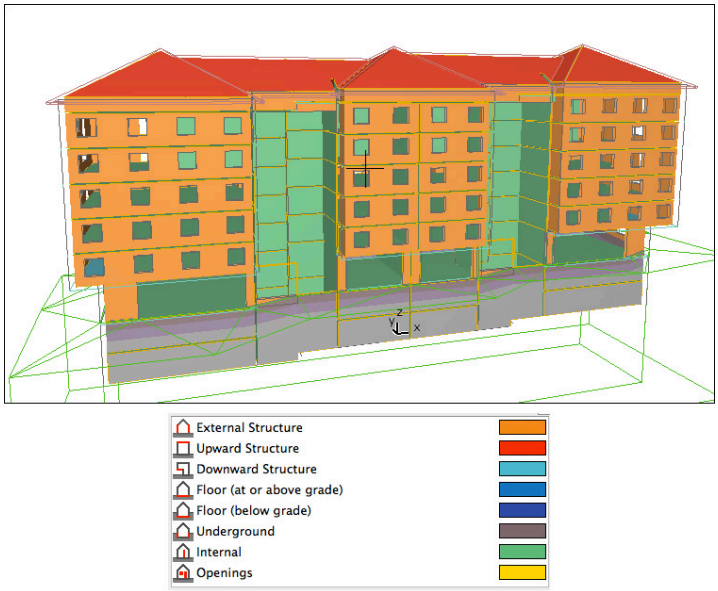


Figura 26 – Análise energética realizada com o ArchiCAD

Se necessário, é ainda possível introduzir dados adicionais referentes a: propriedades físicas das estruturas; auto-sombreamento e diferentes aparelhos de sombreamento; definições ambientais tais como tipo de solo ou o tipo de proteção ao vento; tipo de sistemas MEP incluindo métodos de aquecimento, arrefecimento e ventilação; tipos de sistemas "Verdes" tais como coletores solares, entre outros. Após a introdução de todos os dados relevantes para a análise, é gerado o relatório de avaliação energética que fornece detalhadamente informação numérica e gráfica sobre a performance do edifício. este relatório pode ser depois utilizado para otimizar os parâmetros do projeto, tais como a orientação e área do edifício, entre outras, de modo a minimizar o consumo de energia e a sua pegada de carbono.

5.6.2. ENERGYPLUS

O programa EnergyPlus deriva dos programas DOE-2 e BLAST criados no final dos anos 70 e inicio dos anos 80 como ferramentas para melhorar a resposta energética dos edifícios face à crise energética do inicio dos anos 70. Assim o EnergyPlus tem o objetivo de analisar o consumo de energia e a carga térmica de um edifício durante um período de tempo (EnergyPlus, 2010).

O programa permite uma definição dos intervalos de tempo para interação entre zonas térmicas e o ambiente e os sistemas AVAC. O facto de se poder utilizar ficheiros climáticos padrão para cada zona do globo permite uma analise mais correta da edificação. É possível simular a troca de calor entre elementos construtivos, trocas de calor com o terreno e combinar a humidade com a adsorção/desadsorção. Contém modelos de conforto dos utilizadores, modelação de janelas, controlo de luminosidade no interior bem como inclusão e controlo de sistemas de AVAC entre outras características e funcionalidades (EnergyPlus, 2010).

O EnergyPlus utiliza como ficheiro climático um ficheiro no formato EPW, derivado do Typical Meteorological Year (TMY2) utilizado nos programas BLAST e DOE-2. Este formato utilizado pelo EnergyPlus permite simulações com intervalos de tempo inferiores a uma hora e a inclusão de identificadores de localização que contêm as seguintes características (EnergyPlus, 2012)

- Nome do local
- Latitude
- Longitude
- Fuso horário
- Altitude
- Temperaturas do solo

No entanto as condições climáticas são baseadas em valores médios.

5.7. PLATAFORMAS ELECTRÓNICAS – INTRODUÇÃO

Um dos objetivos por trás da implantação do novo CCP é a desmaterialização dos procedimentos de contratação pública através da utilização de meios electrónicos na formação dos contratos.

A utilização das plataformas electrónicas pelas entidades adjudicantes deve ter em consideração um conjunto de regras, requisitos e condições, que devem ser seguidas, e que estão expostas na Portaria nº 701-G/2008. Nesta portaria é possível encontrar normas aplicáveis aos procedimentos a implantar nas plataformas e cuja uniformização é importante (2).

Aquando da formação dos contratos públicos as plataformas electrónicas, que consistem numa infraestrutura formada por um conjunto de meios, serviços e aplicações informáticas, são utilizadas para obter um correto funcionamento de todos os processos relativos ao concurso. Estas plataformas usam meios electrónicos abertos, transparentes e não discriminatórios que visam como já referido a desmaterialização prevista no código de contratos públicos. A utilização de plataformas electrónicas permite suportar todos os procedimentos aquisitivos públicos, desde o ajuste direto ao concurso público para todo o tipo de bens, serviços e empreitadas, sendo a entidade gestora da plataforma responsável pelas entidades adjudicantes e pela condução técnica do sistema e das aplicações informáticas necessárias ao funcionamento das formalidades electrónicas (1).

De uma forma genérica, as plataformas funcionam da seguinte forma:

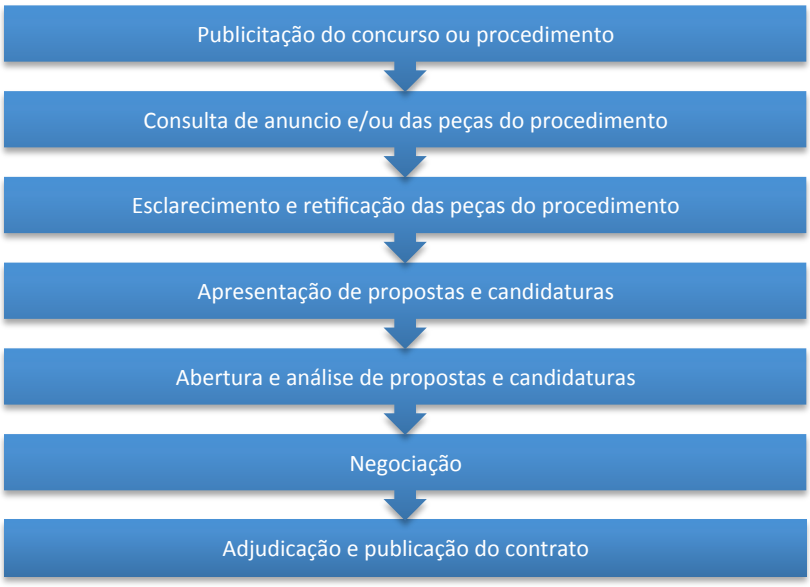


Figura 36 - Funcionamento de uma plataforma electrónica de contratação

Sendo que as principais funções suportadas pelas plataformas electrónicas são:

- Caracterização do procedimento e agregação das suas peças que o constituem
- Publicação do procedimento ou envio de convite, dando a conhecer o seu conteúdo a todos os interessados;
- Disponibilização das peças do procedimento para consulta;
- Recepção de pedidos de esclarecimentos;
- Envio de respostas a esclarecimentos e retificação das peças do procedimento;
- Recepção de propostas, de candidaturas e de soluções;
- Abertura de propostas e candidaturas, e disponibilização de informação aos concorrentes;
- Avaliação de propostas segundo critérios qualitativos e quantitativos;
- Registo da adjudicação e publicação de resultados.

As entidades que prestam serviços de plataformas electrónicas devem estar certificadas pelo Centro de Gestão da Rede Informática do Governo (CEGER). A certificação destas entidades permite o acesso à atividade de prestação de serviços de plataforma electrónica, sendo concedida após apreciação de um documento de conformidade, elaborado por um auditor de segurança, que ateste a conformidade da plataforma electrónica.

É possível verificar em seguida a lista das entidades certificadas para prestar serviços de plataforma electrónica:

Tabela 8 - Lista de Entidades certificadas para prestação de serviços de plataforma electrónica

Nome	Disponível em:
Gatewit – Empowering ePlatforms	GATEWIT Empowering ePlatforms https://www.compraspublicas.com
Vortal, Comércio Electrónico Consultadoria e Multimédia, S.A.	vortalGOV® http://portugal.vortal.biz/vortalgov
Academia de Informática Brava, Engenharia de Sistemas, Lda.	acinGov® https://www.acingov.pt/acingov/
ano - Sistemas de Informática e Serviços, Lda.	anoGov Plataforma Electrónica de Contratação Pública http://www.anogov.com
Central-E-Informação e Comércio Electrónico, S.A.	MERCADO ELETRÔNICO https://comprasgov.forumb2b.com/login.asp?B=FORUMB2B&target=&timeout=
Miroma – Serviços e Gestão de Participações, Lda.	ComprasPT http://www2.compraspt.com
Saphety Level - Trusted Services, S.A.	saphetygov CONTRATAÇÃO PÚBLICA ELECTRÓNICA http://www.saphety.com/saphetygov

Um inquérito realizado a 308 Autarquias e levado a cabo pelo CDS-PP no final de 2011 (3), mostrou que, na generalidade, os utilizadores acham que as plataformas electrónicas funcionam bem mas podem ser melhoradas. Deste estudo, resultou um conjunto de Prós e Contras em relação à utilização das plataformas. Os resultados foram os seguintes:

Tabela 9 - Avaliação qualitativa da utilização das plataformas electrónicas

Pontos Positivos	Pontos Negativos
• Desmaterialização processual; • Atualizações que visam aperfeiçoar o cumprimento das regras; • Garantia de segurança, sustentabilidade e integralidade da transmissão de dados através da plataforma electrónica; • Elevado sentido de prestação de serviço ao cliente de forma imediata para resolução de problemas pontuais.	• Falta de conhecimento informático e legal por parte dos utilizadores; • Velocidade das comunicações, "*upload*" e "*download*" de documentos; • Interoperabilidade dos selos temporais (poder aceder a qualquer plataforma com os selos de outra entidade); • Uniformização do funcionamento das plataformas; • Processo de notificação por email deficiente; • Elevado número de plataformas electrónicas; • Possibilidade das entidades auditoras/reguladoras entrarem diretamente nos procedimentos; • Falta de mecanismos de análise de propostas; • Custo dos certificados digitais; • Falta de Integração com o Diário da República Electrónico e melhoria na interligação com o Base.gov

5.7.1. VORTAL – COMÉRCIO ELECTRÓNICO CONSULTADORIA E MULTIMÉDIA, S.A. (4)

A plataforma vortalGOV integra por via electrónica todas as fases do processo de contratação pública, desde a publicação do anúncio até à assinatura electrónica do contrato, fazendo com que as transações sejam mais seguras, confidenciais, rápidas, transparentes, simples e eficazes. As plataformas da Vortal são direcionadas para todas as entidades que estejam obrigadas a seguir as normas da contratação publica, nomeadamente o Decreto de Lei 18/2008 e as subsequentes Portarias.

Atualmente a Vortal gere seis plataformas electrónicas. Três dessas plataformas tratam essencialmente da componente de contratação pública electrónica, sendo que a VortalGOV é aplicada para todo o sector publico em geral e a *econstroi* é a plataforma direcionada para a construção.

Com um fluxo de contratação totalmente desmaterializado, a plataforma VortalGOV permite às Entidades Públicas anunciar os seus procedimentos, sobre os quais as empresas concorrentes são posteriormente informadas em tempo real. Desta forma as empresas registadas são encaradas diariamente com novas oportunidades de negocio, e as Entidades Públicas beneficiam com reduções de custos e aumentos de produtividade.

A segurança e fiabilidade dos dados trocados são garantidas com a utilização de assinaturas electrónicas e selos temporais, sendo que a Vortal é atualmente a única entidade gestora de

plataformas electrónicas de contratação certificada em Segurança de Informação pela norma de referência internacional ISO 27001. O Acesso a esta plataforma é possível para qualquer empresa, entidade ou empresários de nome individual, que pretenda aceder à informação dos procedimentos em curso na plataforma disponibilizados pelas entidades adjudicantes clientes.

De forma a garantir interoperabilidade com outros sistemas, a estrutura da plataforma foi desenvolvida com a capacidade de se adaptar a ficheiros de informação com formatos diferentes dos *standard.*

Para se poder utilizar esta plataforma, os utilizadores apenas necessitam de um *software* de acesso à internet, sendo que as plataformas estão otimizadas para as seguintes combinações:

Tabela 10 - Listas de *Browsers* utilizados para a plataforma VortalGOV

Sistema Operativo	Browser
Microsoft Windows XP	Internet Explorer 7 ou 8
	Firefox 3.6
Microsoft Windows 7	Internet Explorer 8
	Firefox 3.6
Linux Ubuntu 9.1	Firefox 3.6
MAC OS 10.6	Safari 4

5.7.2. GATEWIT – EMPOWERING EPLATFORMS (5)

A Gatewit surgiu inicialmente em 1999, ainda sobre o nome de Construlink e apresentando-se como a 1ª empresa em Portugal a lançar uma Plataforma de informação técnica especificamente direcionada para os sectores da Arquitetura, Engenharia e Construção.

A Plataforma Electrónica Compras Públicas da Gatewit é dirigida a todas as Entidades que estejam obrigadas a seguir as normas da contratação publica descritas na legislação em vigor, e a todos as empresas ou empresários em nome individual que estejam corretamente registados e que pretendam apresentar propostas às referidas Entidades. a plataforma permite ainda as referidas Entidades gerir todo o processo de forma a cumprir todos os trâmites processuais associados aos procedimentos de contratação.

De forma a ter acesso à Plataforma Compras publicas, é necessária a obtenção de um certificado de autenticação que, é apenas válido para um utilizador, e um certificado de Assinatura Qualificada de modo a manter a fiabilidade das propostas apresentadas e da documentação carregada. Da mesma forma da Plataforma VortalGOV, também esta Plataforma apenas necessita de um *browser* de acesso à *internet*, e onde as combinações apresentadas na tabela 8 são aplicáveis.

As vantagens decorrentes da utilização da Plataforma Compras Públicas abrangem todos os intervenientes no processo. Por um lado, existem as Entidades Públicas que beneficiam de uma plataforma fácil de utilizar e que garante reduções de custos, maior rapidez nos procedimentos de aquisição, confidencialidade sobre a informação que circula na plataforma, entre outros. Por outro lado, as empresas, tal como as Entidades publicas, beneficiam de uma plataforma intuitiva e fácil de utilizar, e além disso têm acesso a um maior numero de concursos públicos, uma maior organização

dos procedimentos e da respetiva informação associada, como por exemplo esclarecimentos ou relatórios, mantendo sempre a confidencialidade sobre toda a informação que se encontra na plataforma.

6 CONCLUSÕES

6.1. CONCLUSÕES GERAIS DO TRABALHO

O presente trabalho teve como principal objectivo descrever o sector da construção no que respeita a utilização das novas tecnologias nas suas práticas de trabalho, tentando demonstrar alguns vectores de desenvolvimento como também os entraves que se colocam para a sua implementação.

O estudo realizado no capítulo 2 permitiu identificar sintomas de deficiente gestão da informação na indústria da construção. Foi ainda possível evidenciar algumas causas da baixa produtividade do sector, apontando possíveis oportunidades através da adopção das TI com o objetivo de alterar a construção em Portugal.

O elevado numero de intervenientes envolvidos num projeto de construção, provoca um fluxo de informação de informação significativo, exigindo uma gestão da informação eficiente. As incompatibilidades dos documentos produzidos pelos diferentes intervenientes dão muitas vezes origem a erros e atrasos nos projetos. Deste modo, a forma tradicional de abordar estes problemas deve ser alterada e devem-se utilizar ferramentas que possam contribuir para uma melhor gestão da informação na construção e consequentemente um aumento da qualidade final dos projetos.

No capitulo 3 foram evidenciadas as vantagens e oportunidades gerais dos BIM, bem como as dificuldades em se conseguirem implementar no sector da construção. Factores como a diminuição de erros, melhoria da comunicação entre os intervenientes e o aumento da produtividade são importantes e necessitam de novas metodologias de trabalho para os melhorar. Contudo a resistência à mudança e o custo das licenças e formação nestes softwares apresentam-se como as principais razões identificadas que justificam a dificuldade na implementação destas tecnologias.

Neste capitulo foi ainda abordada a importância do modelo IFC na gestão da informação. Este modelo ao promover a padronização da informação e desta forma a interoperabilidade entre softwares, apresenta-se como uma ferramenta muito útil no que respeita a troca eficaz de informação entre todos os intervenientes no processo construtivo.

No capitulo 4 foi descrito o processo construtivo, bem como a legislação que se encontra em vigor, e foi possível verificar que as alterações impostas pelo CCP e respectivas portarias, como por exemplo a imposição de conteúdo obrigatório do programa e do projeto de execução, bem como os procedimentos e normas a adoptar na elaboração e faseamento de projetos, aumentam ainda mais a necessidade de ferramentas colaborativas. Neste sentido a ptpc tem vindo a tomar medidas em Portugal de forma a melhorar a competitividade e o reconhecimento da Construção Portuguesa a nível internacional.

No capitulo 5 foram descritos alguns dos softwares existentes no mercado e foi possível concluir que para a fase de projeto é possível encontrar um vasto número de softwares que de forma mais ou menos intuitiva conseguem dar resposta às necessidades dos projetistas. Os softwares CAD que utilizam as tecnologias BIM, como o ArchiCAD vão ainda mais longe permitindo um projeto integrado. Graças à

utilização de formatos tais como DWG ou DWF e de dados IFC, é agora também possível fazer a exportação de peças desenhadas para programas de calculo estrutural, energético ou mesmo de orçamentação e planeamento. Contudo, é também visível que, apesar dos esforços de empresas como a Autodesk ou a Graphisoft em desenvolver produtos cada vez mais interoperáveis, a interligação entre os intervenientes ainda apresenta várias deficiências, constituindo um factor que deve ser melhorado.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Na sequência do trabalho realizado nesta dissertação, seria interessante desenvolver uma análise a um numero maior de softwares aplicados à construção de forma a criar um inventário mais completo e diversificado. Outro desenvolvimento interessante seria, além da análise feita aos softwares, a aplicação a casos de estudo reais para entender, de um ponto de vista prático, a forma como as novas tecnologias apoiam os agentes ao longo do ciclo de vida de um empreendimento.

No caso dos BIM, seria interessante desenvolver uma análise mais aprofundada sobre os vários softwares que integram esta tecnologia e perceber de que forma a especificidade do sector da construção dificulta a sua adopção, apontando soluções práticas que resolvam o problema.

Bibliografia

(1) http://www.base.gov.pt/base2/html/plataformas/oquesao.shtml

(2) Portaria nº 701-G/2008 - Requisitos, condições de utilização, regras de funcionamento e obrigações das plataformas electrónicas

(3) Contratação Pública Electrónica, 2012, disponível em: http://economico.sapo.pt/public/uploads/especiais_sp/publicaelectronica.pdf

(4) VortalGOV, disponível em: http://portugal.vortal.biz/vortalgov

(5) Gatewit – Compras Públicas, disponível em: https://www.compraspublicas.com

(http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034610000790)

Ahmed Elragal, Moutaz Haddara, "The Future of ERP Systems: look backward before moving forward", 2012.

Alan Redmond, Alan Hore, Mustafa Alshawi, Roger West, Exploring how information exchanges can be enhanced through Cloud BIM, Automation in Construction, Volume 24, July 2012, Pages 175-183.

Allen, S.; Hinks, A. - Using action-research to compare the theory and practice of managing housing information. London: 1996.

Ambler, Scott W. - Data Modeling 101. 2010. Disponível em http://www.agiledata.org/essays/dataModeling101.html

Archicad16_brochure, Disponível em http://www.graphisoft.com/products/archicad/

Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R., Konwinski, A., et al. (2010). A view of cloud computing. Commun. ACM, 53(4), 50-58.

Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional, Análise abrangente para os seus projetos de estruturas. Disponível em: http://www.lusocuanza.com/img/docs/Autodesk_Robot_RSA_PT_lusocuanza.pdf

Behrman, William. 2002. Best Practices for the Development and Use of XML Data Interchange Standards. CIFE Technical report TR131. Stanford University.

Bellinger, G, D Castro e A Mills. 2004. Data, Information, Knowledge, and Wisdom [acedido a 21 de Março 2009].

Björk, Bo-Christer 1999 - Information technology in construction: domain definition and research issues, publicado em: International Journal of Computer Integrated Design And Construction, SETO, London Volume 1, Issue 1, May 1999 pp. 1-16

BRAGA, Ascenção - A gestão da informação. Guarda: Instituto politécnico de Viseu, 1996. Disponível em WWW: <http://www.ipv.pt/millenium/19_arq1.htm>.

Buckingham, R.A. R. Hirschheim F. F. Land and C. J. Tully. Information Systems Curriculum: a Basis for Course Design. Cambridge University Press, 1987.

Calejo, Rui - Apontamentos sobre Fiscalização e Coordenação de Obras. (2005).

CAUTELA, A.; POLIONI, F. - Sistemas de informação. 1982.

CIMdata. 2011. PLM, Disponível em http://www.cimdata.com/plm.html.

Clark, Donald. 2004. Understanding [acedido a 11 de Abril 2006].

Correia dos Reis, A., ORGANIZAÇÃO E GESTÃO DE OBRAS, 2008

Davenport, T. (2000). Mission Critical: Realizing the Promise ok Enterprise Systems. Boston, Massachusetts: harvard Business School Press.

Davenport, Thomas H. e Donald A. Marchand. 2000. *Mastering information management*. London ; New York: Financial Times/Prentice Hall.

e-Business W@atch. 2006. ICT and e-Business in the Construction Construction Industry: ICT adoption and e-business activity in 2006. Copenhaga/Bruxelas: The European e-Business Market Watch - Direcção Geral da Empresa e Indústria, Comissão Europeia.

e-Business W@atch. 2005. ICT and Electronic Business in the Construction Industry: Key issues, case studies, conclusions. Bona/Bruxelas: The European e-Business Market Watch - Direcção Geral da Empresa e Indústria, Comissão Europeia.

Eastman, Charles - Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction. 1999.

EnergyPlus, Weather Data Information, P 1 2012

EnergyPlus. Getting started with energyplus. In EnergyPlus Documentation Menu, pp. 7 a 11, 2010

Faria, José Amorim, 11 – SEGURANÇA E SAÚDE NA CONSTRUÇÃO, 2010

Fonseca, Pedro António da Mota Moreira da - A produtividade das PME na construção. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.

Francisco Loforte Ribeiro – texto de apoio – "TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO), 1997, Instituto Superior Técnico.

Gouveia, Luís Borges; Ranito, João. Sistemas de Informação de apoio à gestão. SPI – Sociedade Portuguesa da Inovação, Principia, Publicações Universitárias e Cientificas, Porto 2004.

Guerrero, Janice - Implantação e uso de site colaborativo no processo de projecto de obras de edificação em Porto Alegre/RS. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

Hippert, Maria; Amorim, Sérgio Leusin de; Lima, Suellen; Silva, Camila - TIC na construção civil: cenário actual e perspectivas futuras. (2009).

IAI (2000): *IFC Technical Guide*, IFC Release 2.0, IAI Publ. Oakton, VA.

Ian Howell and Bob Batcheler, *Building Information Modeling Two Years Later – Huge Potential, Some Success and Several Limitations*

Industryweek, Benefits Of PLM: By The Numbers, 2007, Disponivel em: http://www.industryweek.com/product-development/benefits-plm-numbers

Johnson, Robert, Mark Clayton e Yunsik Song. 1999. A Research Agenda For The AEC Community in 2000 and Beyond. Artigo apresentado em: Berkeley- Stanford CE&M Workshop: Defining a Research Agenda for AEC Process/Product Development in 2000 and Beyond, 26 a 28 de Agosto, Stanford University.

Lachmi Khemlani, 2012; Disponível em http://aecbytes.com/review/2012/ArchiCAD16.html

Laudon, Kenneth C e Jane P Laudon. 2006. Management information systems managing the digital firm. 9 ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.

Laudon, Kenneth C e Jane Price Laudon. 2002. Management information systems activebook, version 1.0. 5 ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Lawson, Bryan - Towards a computer-aided architectural design process: a journey of several mirages. *Computers in Industry*. (1998).

Lee, Y. Tina - Information Modeling: From design to implementation 1999.

Leon, Alexis, (2007),"Erp Demystified",2a edição, Editora McGraw-Hill

Lusocuanza, Disponivel em http://www.lusocuanza.com/modo1_pdx.php?sid=2&ssid=15&pid=3558

Macsosportugal; Disponível em http://www.macsosportugal.com/store/product/1579_1612/265/archicad-16-full-version-1-licenca

Markus, L., Petrie, D., & Axline, S. (2000). Bucking the Trends: What the Future May Hold for ERP Packages. Information Systems frontiers , 2 (2), pp. 181-193.

NASCIMENTO, L. A. e SANTOS, E. T., (2002), "*Barreiras para o uso da tecnologia da informação na indústria da construção civil*", Workshop Nacional Gestão do Processo de Projecto na Construção de Edifícios, 2, 2002, Porto Alegre.

Nascimento, Luis António do - Proposta de um sistema de recuperação de informação para extranet de projecto. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

Nascimento, Luis António; Santos, Eduardo Toledo - A Contribuição da Tecnologia da Informação ao Processo de Projecto na Construção Civil. 2002b.

NES, Northern European Subset - Information Model Architecture 2007.

Pereira, Manuel João. 2005. Sistemas de Informação: uma abordagem sistémica: Universidade Católica Editora.

PLM-TechnologyGuide. 2008. What is PLM?

Poças Martins, João Pedro da Silva - Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção - Aplicação ao Licenciamento Automático de Projectos. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.

Polanyi, Michael. 1962. Personal Knowledge: Towards a Post-critical Philosophy: Routledge.

Pulsifer, Doris. 2008. A Case for Knowledge Management in the A/E Industry. AECbytes (41), http://www.aecbytes.com/viewpoint/2008/issue_41.html.

Roldão, Victor Sequeira. Gestão de Projectos – Abordagem instrumental ao planeamento, organização e controlo. Monitor – Projectos e Edição Ltda, Lisboa, 2010.

Sharma, Nikhil. 2005. The Origin of the "Data Information Knowledge Wisdom" Hierarchy [acedido a 21 de Março 2009].

SOUSA, Hipólito de - Sebenta de Gestão de Projectos. 2. Porto: FEUP, 2003.

Stackpole, Beth. 2003. Product Lifecycle Management Promises to Streamline Development, Boost Innovation. CIO: Business Technology Leadership, http://www.cio.com/article/31906/Product_Lifecycle_Management_Promises_to_Streamline_ Development_Boost_Innovation.

Steyn, Jacques. 2001. Data, Information, Knowledge and Wisdom [acedido a 4 de Abril 2006].

Teresko, John. 2004. The PLM Revolution. IndustryWeek.

Themistocleous, M., Irani, Z., O'Keefe, R., & Paul, R. (2001). ERP Problems and Application Integration Issues. Proceedings of the 34th Hawaii International Conference on System Sciences: An Empirical Survey (HICSS-34) , (9), pp. 1-10.

Wallace, Thomas F., Michael H., (2001),“ERP: making it happen : the implementers' guide to success with enterprise resource planning”, 3a Edição, Editora John Wiley and Sons

Wolfgang Huhnt, Special issue on construction informatics, Advanced Engineering Informatics, Volume 24, Issue 4, November 2010, Pages 377-378, ISSN 1474-0346, 10.1016/j.aei.2010.08.003.

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