

CAPÍTULO 1 – A CONSTRUTIBILIDADE ENQUANTO FUNÇÃO DA GESTÃO DE PROJECTOS. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

1.1. Introdução

Qualquer cidadão informado no nosso país, sabe que a maioria dos grandes projectos de construção, muitos com dimensão nacional e outros nem tanto, sofrem ao longo do seu ciclo de vida de problemas vários, nomeadamente atrasos na sua conclusão, aumentos de custos, “aparentemente” imprevisíveis, e várias deficiências ao nível da qualidade, da segurança, da sustentabilidade ambiental, entre outras.

É normalmente durante o período de construção que todas estas falhas se revelam, e, designadamente, nos grandes projectos, é também durante este período com mais impacto mediático que se constata todas estas dificuldades, que passam assim para o conhecimento público, contribuindo, em muito, para o descrédito do sector da construção e dos seus profissionais.

A evolução da construção ao longo dos séculos conduziu a uma nova definição do ciclo de vida do projecto de construção. O projecto é hoje o resultado de um trabalho realizado por fases, ou momentos distintos onde em cada uma dessas fases, o trabalho dos intervenientes no projecto é desenvolvido, na maioria dos casos, de forma fechada e individualizada, por vezes sem grandes preocupações de coordenação, coesão ou mesmo continuidade e harmonia da informação e das decisões, ao longo das diferentes fases do projecto.

O projecto de construção traduz-se, muitas vezes, num somatório de objectivos mais ou menos pessoais, numa mistura de procedimentos de gestão de funções diversas, como a análise do valor, a segurança, a funcionalidade, a operacionalidade, entre outras, compactados por imposições legais e/ou financeiras, de planeamento temporal ou até mesmo políticas.

Chegados à fase de construção, com este tipo de preparação, constata-se que só por “milagre” é que os intervenientes nesta fase do projecto,

poderão ter uma “vida fácil”, livre de conflitos, de dúvidas, de atrasos ou de custos acrescidos para o empreendimento.

A obra construída é sempre uma “ vitória” de todos, quando se ultrapassam todas as dificuldades e o resultado final é satisfatório, mas em muitos casos é também motivo de discórdia entre projectistas, donos de obra, construtores e fiscalização, quando isso não acontece.

Muitas das dificuldades relacionadas com os projectos de construção resultam da “falta de instrução do projecto para a construção”. Na grande maioria dos projectos de construção, esta preparação para construir é realizada de forma insuficiente, revelando, muitas vezes, algumas falhas no conhecimento que os projectistas revelam dos processos e tecnologias da construção a utilizar durante a obra.

A avaliação e análise da construtibilidade dos projectos de construção pode ajudar a preparar e instruir o projecto para a construção. As decisões tomadas ao longo do período destinado à concepção, devem ser sempre tomadas com a certeza de que tudo o que se desenha ou define deve ser construído, no terreno previsto para esse efeito, sujeito a condições climáticas e geológicas conhecidas, com o enquadramento urbanístico conhecido, de acordo com o plano de estaleiro e o plano de segurança e saúde delineados, com recurso às tecnologias e processos de construção admissíveis na região e mais adequados, em respeito pelos recursos financeiros disponíveis e pelo ambiente na região e finalmente, talvez fosse útil, que respeitasse todos os outros objectivos do dono de obra e dos futuros utilizadores.

A construtibilidade ir-se-á revelar, ao longo deste trabalho, como uma ferramenta potente para atingir este nível de coordenação e coesão nas decisões e na informação do projecto.

1.2. O conceito de Construtibilidade

A Construtibilidade pode ser definida como a aplicação e utilização adequada dos conhecimentos e das experiências da construção, durante as

várias fases do ciclo de vida de um projecto de construção, como instrumento de garantia do cumprimento dos objectivos do projecto.

Esta é a definição apresentada pelo *Construction Industry Institute (CII)*, nos Estados Unidos da América, em 1986, para este conceito.

O termo construtibilidade resulta da tradução para português do termo inglês “Constructability”.

O trabalho de Martin Fisher e C . B .Tatum em 1997[1], define este conceito como, “uma ferramenta para a garantia de que a concepção dos edifícios e das suas infra estruturas é realizada de forma a facilitar a construção, em adequação às exigências dos processos e tecnologias de construção ”.

No Reino Unido o termo “Buildability”, traduzido para português por edificabilidade, é utilizado com o sentido de “orientação para a concepção se desenvolver de modo a facilitar a construção coordenada dos edifícios e das suas infra estruturas, em respeito pelas suas exigências de funcionalidade e coordenação.”

Ferguson no seu trabalho de 1989 [2], considerava que *Buildability* era a capacidade de construir um edifício de forma eficiente, económica e em respeito pelos níveis de qualidade dos seus materiais, equipamentos e componentes.”

Também Illingworth em 1984 [3] apresentava o conceito de edificabilidade como sendo, “ o desenvolvimento da concepção em atenção e adequação às exigências dos processos construtivos, procurando atingir os objectivos do projecto em segurança e ao mais baixo custo.”

A aproximação entre os dois conceitos (construtibilidade e edificabilidade) foi clarificada por Ballal, Tabarak, W. S. Atkins, [4] que considerava que o termo “edificabilidade traduzia fundamentalmente uma preocupação com a fase de concepção do projecto, enquanto o termo construtibilidade traduzia uma preocupação com todas as fases do projecto de construção.”

Em 1986 foi desenvolvido um trabalho de pesquisa junto da Industria de Construção Norte Americana, procurando saber qual o entendimento dos profissionais do sector sobre o conceito da construtibilidade (Tantum, Vanegas

e Williams (CII 1986) [5]. Constatou-se que os profissionais mais ligados à gestão de projectos e à construção definiram o conceito de construtibilidade nos seguintes termos:

- ? um conceito muito próximo da Análise de Valor, definida como uma preocupação com a gestão dos materiais e a gestão dos custos ao longo do projecto, enquanto caracterizavam a construtibilidade como uma preocupação com a condução dos trabalhos;
- ? um processo para a maximização da simplicidade, da economia, dos tempos de construção, no contexto geral do projecto;
- ? um meio para a optimização da eficiência na análise dos custos de concepção de um projecto, realçando o facto de que o barato não tem necessariamente de ser a opção mais adequada, devendo esta fundamentar-se no que é mais adequado às intenções futuras de utilização;
- ? um meio para facilitar a construção.

Já junto dos profissionais da área da arquitectura, foram obtidas definições caracterizando a construtibilidade como:

- ? algo que poderá maximizar a eficiência, a economia, a gestão da concepção e os objectivos do projecto, bem como a funcionalidade e a estética;
- ? algo que resolve um problema: dinheiro, tempo, bem como as necessidades dos donos de obra em funcionalidade e comercialização dos produtos;
- ? algo que envolve não só a capacidade de juntar as várias partes de um projecto, mas também de o realizar de forma economicamente mais favorável, mais durável, mais fácil de construir - uma mistura entre economia, estética, funcionalidade e verificação de compatibilidades físicas;
- ? algo que envolve qualidade, planeamento, custos, algo que se pode construir dentro do orçamento estabelecido.

A definição de Construtibilidade do *Construction Industry Institute (CII)*, como “a aplicação e utilização adequada dos conhecimentos e das experiências da construção, durante as várias fases do ciclo de vida de um

projecto de construção, como instrumento de garantia do cumprimento dos objectivos do projecto”, realça neste conceito (ideia, teoria, noção ou pensamento) a ideia de facilidade de construção, dando também destaque à aplicação dos conhecimentos construtivos a todas as fases do projecto.

A construtibilidade, enquanto conceito e ferramenta para a gestão de um projecto, esta associada a diversos procedimentos de gestão e de acompanhamento do projecto, como as revisões dos aspectos construtivos dos elementos de um projecto concluído, a análise da concepção ou desenho, a optimização dos processos ou métodos construtivos, a utilização de novos processos construtivos mais eficientes, a modelização do projecto e o recurso optimizado à pré-fabricação. Todos estes procedimentos de gestão e controlo de um projecto constituem uma parte do esforço para a construtibilidade, que obviamente não se esgota aqui.

A diversidade de pontos de vista, revelada na opinião colhida junto dos profissionais do sector, durante aquele estudo, leva-nos a concluir que o conceito não está bem compreendido e apreendido por estes.

Trata-se de facto de um conceito que aborda sempre problemáticas bem claros e de características globais, no contexto geral do projecto e apresenta, no seu processo de aplicação, várias acções ou procedimentos separados aos quais se associam resultados expectáveis.

A construtibilidade pode envolver mudanças [61]:

- ✍ A atempada integração dos conhecimentos e experiências da construção em todas as fases do projecto
- ✍ O empenho da gestão
- ✍ A implementação ao nível da organização da empresa
- ✍ A implementação ao nível específico do projecto

1.3. A Construtibilidade e a sua relação com outros conceitos da gestão de projectos (análise do valor, qualidade, funcionalidade, manutenção, segurança)

A aplicação do conceito da construtibilidade e dos seus princípios às diferentes etapas do ciclo de vida de um projecto de construção, traduz-se na aplicação de metodologias de análise, gestão e acompanhamento de

projectos que se aproximam bastante dos procedimentos adoptados na discussão e aplicação de outros conceitos envolvidos na avaliação e na gestão das decisões do projecto. Os procedimentos relacionados com a aplicação do conceito da construtibilidade à gestão de um projecto de construção são muitas vezes próximos de outros procedimentos de gestão de outros conceitos, como a análise do valor, a qualidade, a funcionalidade, a manutenção e a segurança.

A segurança, a operacionalidade, os aspectos da manutenção e as questões estéticas, são objectivos de projecto que frequentemente superam a construtibilidade. Todavia, quer os desenhos de projecto de carácter mais geral, quer os desenhos de pormenor ou detalhe, podem muitas vezes sofrer alterações que favoreçam a construtibilidade, sem que para tal se tenha de sacrificar nenhum daqueles objectivos.

1.3.1. A construtibilidade e a análise do valor

A análise do valor é um conceito de aplicação essencial ao longo da vida do projecto com o qual se procura avaliar e examinar os requisitos funcionais de materiais ou equipamentos ao longo do projecto, de forma comparativa, com o objectivo último de assegurar que as exigências funcionais de projecto sejam garantidas ao menor custo possível.

A análise do valor pode ser definida como “ um esforço sistemático direccionado para a análise dos objectivos funcionais dos sistemas, dos equipamentos, dos materiais, dos procedimentos ou fornecimentos, com o propósito de obter e assegurar o cumprimento das funções essenciais ao menor custo, em coordenação com outras necessidades, de desempenho, qualidade, estética, segurança, resistência ao fogo, manutenção e reabilitação ” (Kavanagh et al. 1978) [8].

A análise do valor resulta normalmente do trabalho conjunto de todos os membros da equipa projectista e demais intervenientes na concepção, procurando-se analisar a evolução dos custos alternativos para as várias componentes do projecto a considerar.

Esta avaliação pode ser concretizada de forma pró-activa, dentro da equipa de projecto e antes da decisão final sobre materiais e componentes, ou de forma reactiva, por outros elementos da organização do projecto que avaliam a eficiência de outros custos alternativos.

Os dois conceitos, de construtibilidade e análise do valor, podem até considerar-se similares, mas a diferença reside na dimensão e modo de análise do projecto. Enquanto a análise do valor avalia a totalidade do período de vida do projecto, do ponto de vista da funcionalidade, a construtibilidade tem por objectivo a aplicação dos conhecimentos da construção e da experiência construtiva de uma forma planeada e estruturada ao longo do período de vida do projecto. Os dois conceitos podem coexistir em simultâneo no mesmo projecto, podendo mesmo complementar-se um ao outro, Hugo(1990)[7].

Os desafios da análise do valor traduzem-se muitas vezes em mudanças da forma e função de um projecto. Na perspectiva da construtibilidade o trabalho desenvolvido procura otimizar a construção, dentro de limites funcionais.

1.3.2. A construtibilidade e outras funções da gestão de projectos como a manutenção, a reabilitação e a operacionalidade

A evolução dos custos de um investimento ao longo do seu ciclo de vida obriga à tomada de decisões baseadas na opção do menor custo, calculado ao longo do período global de vida do investimento.

Este tipo de análise pode determinar a opção por um maior custo inicial, mas garantindo ganhos financeiros positivos no restante período de vida da instalação.

A optimização desta escolha de materiais, equipamentos ou infra-estruturas deve resultar da coordenação de vários conceitos, como a construtibilidade, a operacionalidade, a reabilitação e a manutenção.

A construtibilidade leva os conhecimentos e a experiência da construção ao projecto, optimizando os processos e métodos construtivos durante a obra, dentro dos contornos dos objectivos e necessidades do projecto.

Do ponto de vista da operacionalidade procura-se introduzir no projecto os conhecimentos e as necessidades dos futuros utilizadores, de forma a garantir que as suas necessidades estejam reunidas nas opções de projecto.

Do ponto de vista da reabilitação pondera-se a escolha de equipamentos, com base na análise das suas garantias de fiabilidade ou eventual dependência de assistência técnica e reparações frequentes.

Finalmente a manutenção procura garantir que as opções de projecto não são tomadas à custa de custos excessivos e prolongados de manutenção.

A conjugação destes quatro conceitos assegurará a tomada de decisões com recurso a uma boa base alargada de informação, com respeito pelos objectivos e requisitos do projecto.

Sadi Assaf e Al Shihah em 1996 [9], durante o trabalho realizado, classificaram em 11 grupos as falhas essenciais apuradas nos projectos:

- ? defeitos na concepção estrutural;
- ? defeitos na concepção arquitectónica;
- ? defeitos de concepção e análise das questões da manutenção e adequação dos equipamentos, materiais e sistemas;
- ? defeitos da gestão e coordenação do projecto;
- ? defeitos de construção nos elementos do projecto de execução (erros, descoordenações, conflitos);
- ? defeitos de fiscalização;
- ? defeitos de construção;
- ? defeitos do clausulado contratual;
- ? defeitos na organização das especificações relativas a materiais e equipamentos;
- ? defeitos na escolha dos materiais, na perspectiva da sua adequação às condições climáticas e da sua inter-relação estrutural;
- ? defeitos na escolha do equipamento de construção apropriado.

Neste estudo, os problemas relacionados com a problemática da manutenção são frequentemente atribuídos às limitações da concepção, aos defeitos de fiscalização, às limitações dos materiais e à falta de conhecimentos construtivos. As preocupações relacionadas com esta

temática podem ser encaradas como uma extensão lógica da construtibilidade.

A figura 1.3.2.1. apresenta um diagrama representativo da distribuição dos custos globais de um projecto ao longo de todo o seu ciclo de vida, incluindo o período de exploração e manutenção, para o qual é prevista uma percentagem de 50% a 80% dos custos globais do projecto, valor demonstrativo da necessidade de ponderar estes custos nas decisões tomadas na fase de concepção.

Exige-se assim que o esforço típico de concepção, desenvolvido pelos projectistas, aumente de forma a que os custos associados às suas decisões possam baixar (figura 1.3.2.2.).

As decisões tomadas durante a concepção poderão ter maior qualidade se constituírem o resultado de um processo melhorado de transmissão de informação nos projectos, tipificado na figura 1.3.2.4., em contraponto ao método tradicional indicado na figura 1.3.2.3..

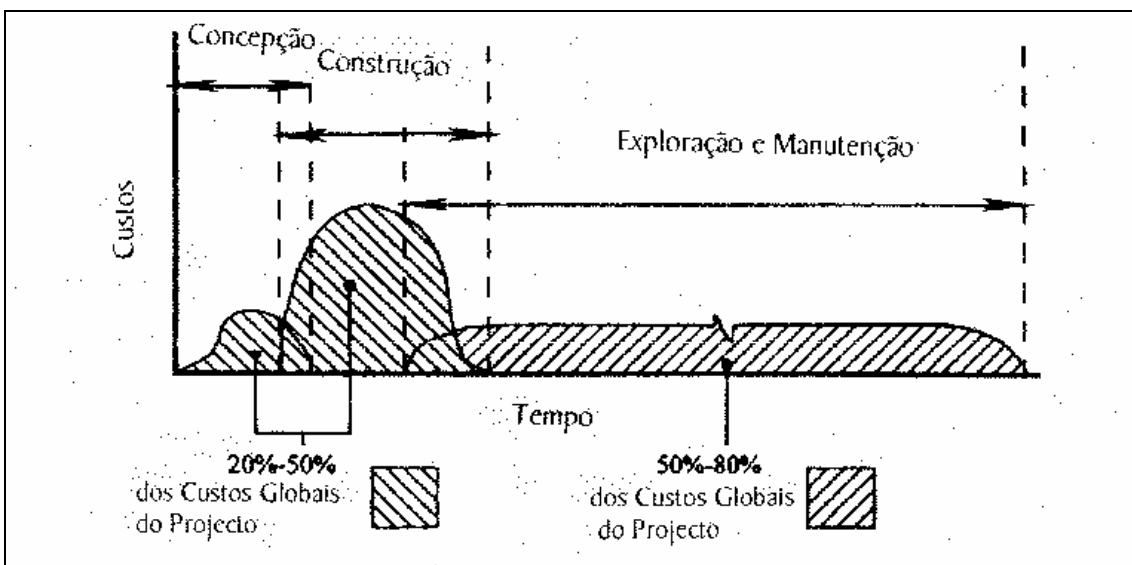


Figura 1.3.2.1. Perfil da Evolução dos Custos do Projecto ao longo do seu ciclo de vida (adaptado de Griffin 1993) [12].

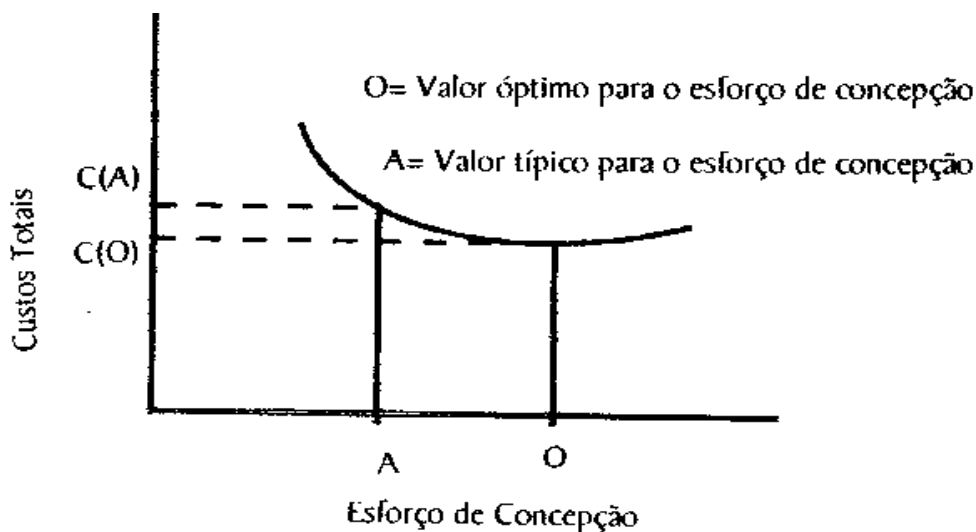


Figura 1.3.2.2. Esforço Ótimo de Concepção (adaptado de McGeorge 1988)[11]

Como é referido por [14] o circuito de informação caracterizado na figura 1.3.2.4., traduz uma das ferramentas de carácter mais informal para a implementação da construtibilidade e dos seus princípios.

A partilha, a actualização e a utilização de uma base de dados destinada ao registo das experiências de trabalho mais importantes dos diversos profissionais de uma organização, pode ser um instrumento importante para a melhoria das soluções e das decisões durante a concepção, na medida em que pode ajudar na redução do número de erros ou de falhas no projecto. A partilha de uma ferramenta deste tipo, durante a fase da concepção, pode constituir uma importante mais valia para a equipa de projecto.

1.3.3. A construtibilidade e a segurança

A segurança de uma forma geral e a segurança na construção em particular, bem como as condições de segurança e saúde das construções, constituem uma preocupação do mundo actual, revelada de acordo com diferentes processos de desenvolvimento, consoante a forma como cada país se prepara para legislar, regulamentar ou mesmo fazer aplicar este conceito. As preocupações com a segurança durante a construção devem começar na fase de concepção, com o estudo e a ponderação das opções de

a)

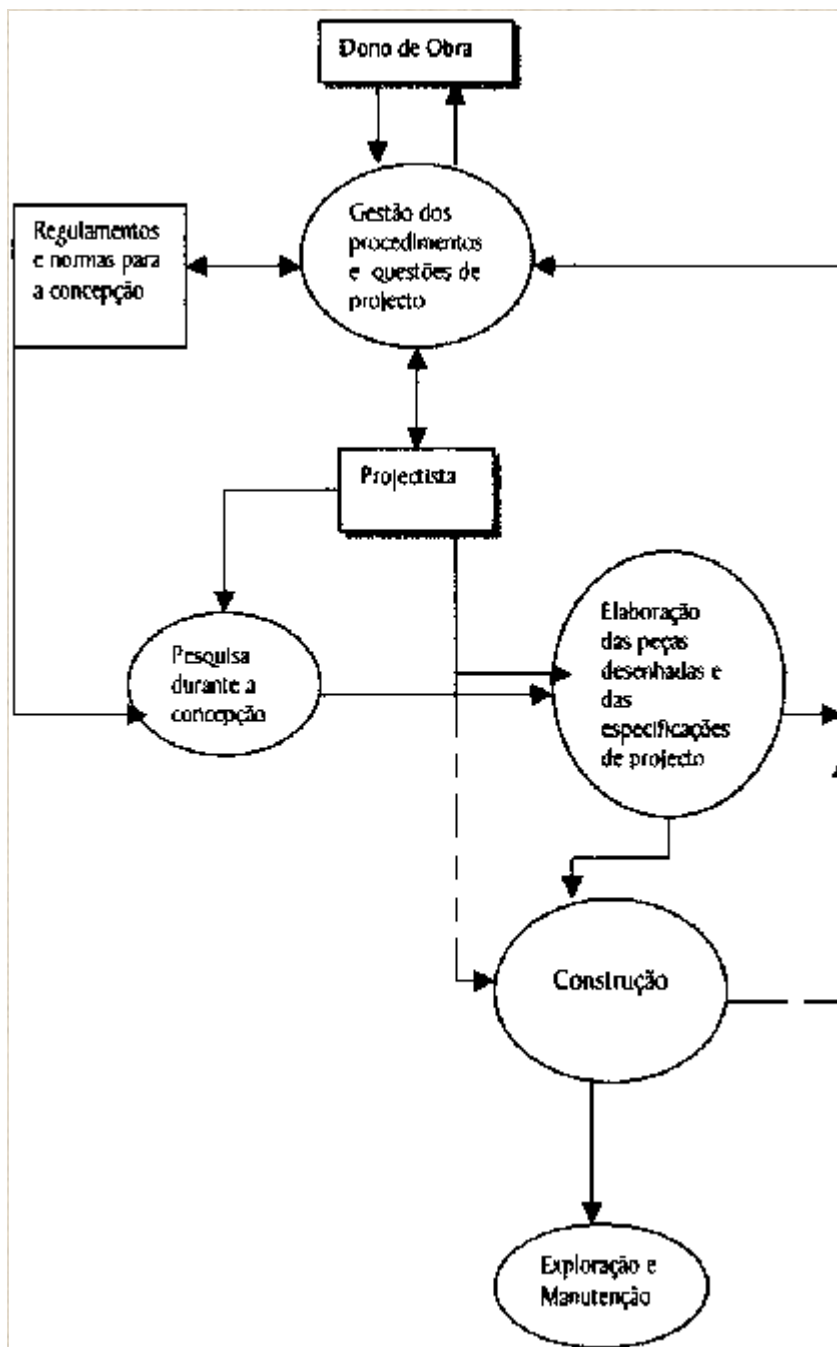


Figura 1.3.2.3. Diagrama de Fluxo de Informação

(a) Método de contratação tradicional (adaptado de [14])

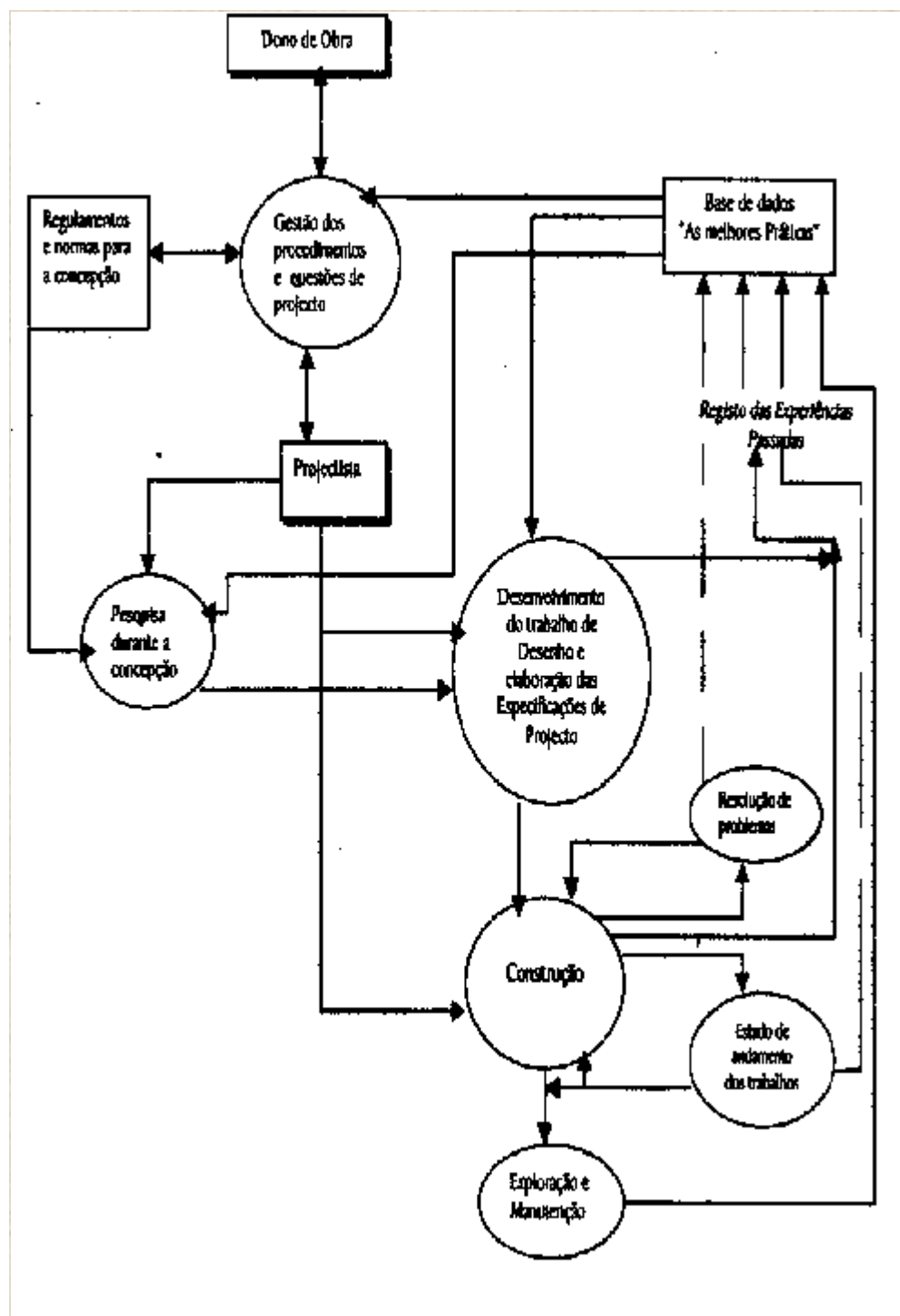


Figura 1.3.2.4. Diagrama de Fluxo de Informação

(b) Proposta de fluxo de informação entre as fases de concepção, construção e manutenção(adaptado de [14])

projecto que impliquem menor risco de acidentes de trabalho e confirmem maior segurança aquele período da vida do projecto.

A concepção para a segurança, ou o “desenho-seguro”, é um conceito que podemos definir como a concepção realizada em atenção ao ambiente “homem-máquina”, por forma a minimizar as interrupções nos processos e tarefas de construção planeados, diminuindo a probabilidade de acidentes. As preocupações predominantes relacionam-se com a preparação da disposição espacial e implantação da construção e a concepção das infra-estruturas e a respectiva distribuição espacial.

A aproximação entre os dois conceitos: construtibilidade e segurança, afigura-se assim evidente, através da coincidência entre alguns dos princípios de aplicação dos dois conceitos.

A concepção em adequação às práticas construtivas, de forma a reduzir o risco de acidentes durante a construção e as preocupações com a segurança dos trabalhadores durante a construção têm sido determinante nas recentes decisões legislativas, associadas à progressiva obrigatoriedade ou sensibilização para a integração de novas especialidade na concepção, designadamente o plano de segurança e saúde na fase de projecto e o projecto de escavações / entivações.

1.3.4. A construtibilidade e a qualidade

Kent Davis, e W.B.Ledbetter em 1989[16], apontavam como principais problemas na indústria de construção nos EU, naquela época, a baixa da produtividade, o aumento dos processos de contencioso nos tribunais sobre questões ligadas a esta indústria, os atrasos significativos e frequentes na conclusão das obras, a entrada de empresas estrangeiras no mercado da construção nos EU e a tomada de parte deste mercado por essas empresas.

Aquilo que aqueles autores referem como os sintomas do sector da construção nos EU, no final da década de oitenta, é hoje uma realidade em Portugal.

As razões que poderão sustentar este estado de coisas, são complexas, embora se possa identificar, um factor comum, a falta de qualidade.

A introdução dos planos de gestão da qualidade nos projectos de construção traduz-se na aplicação de forma sistematizada de procedimentos de análise dos vários aspectos da qualidade, classificando e quantificando os custos associados à qualidade.

De facto, a interpretação da qualidade como a “conformidade com os requisitos”, permite quantificar os custos dos esforços para gestão da qualidade e os custos de correcção dos desvios aos objectivos.

Muitos dos custos associados aos esforços de gestão da qualidade são custos de gestão da construtibilidade, encarada como uma disciplina ou uma actividade para a qualidade.

No trabalho de [16] identificavam-se quinze actividades de gestão da qualidade ao longo do ciclo de vida do projecto de construção, descritas na tabela 1.

Tabela 1 - Actividades da Gestão da Qualidade durante o ciclo de vida de um projecto(adaptado de [16]).

Actividades
Desenvolvimento de um sistema da Qualidade
Desenvolvimento de um plano da Qualidade
Estudos de fiabilidade
Avaliação de construtores e subempreiteiros
Orientação das várias tarefas e actividades em função da Qualidade
Avaliação criteriosa das qualificações do pessoal da equipa
Formação dos recursos humanos
Revisões das especificações iniciais do projecto
Revisões dos elementos desenhados do projecto
Revisão dos restantes documentos do projecto.
Revisões da Construtibilidade
Testes e avaliação de qualidade dos materiais
Ensaio
Documentação do nível da qualidade do projecto
Revisão final do projecto

São vários os factores que afectam a qualidade de um projecto de construção (figura 1.3.4.1.), designadamente:

- ? desenhos e especificações consistentes;
- ? projectistas e construtores seleccionados pelo seu mérito pessoal;
- ? efectiva comunicação entre as diferentes partes e participantes no projecto;
- ? procedimentos adequados para inspecção da qualidade na construção;
- ? planeamento correcto dos custos e operações de manutenção.

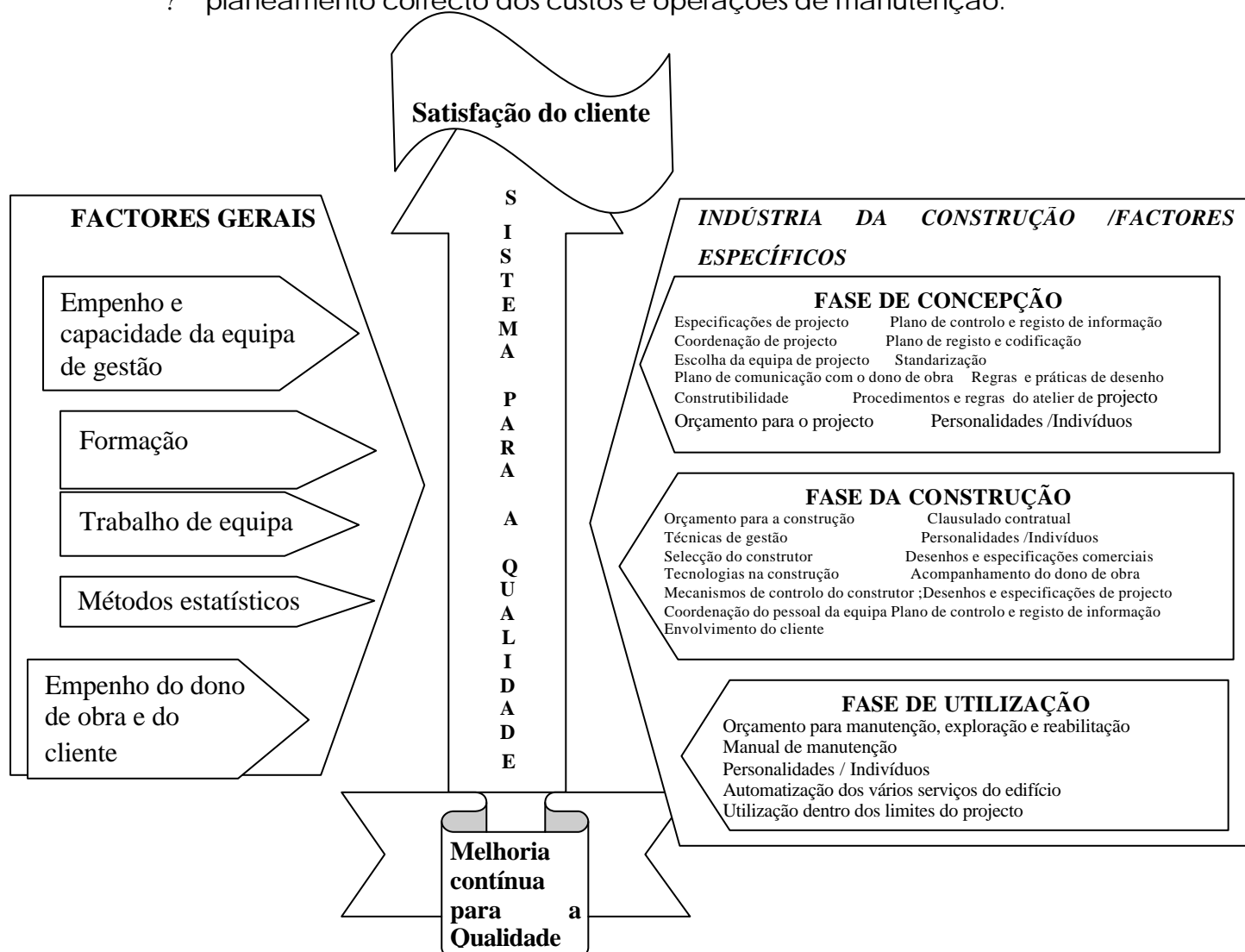


Figura 1.3.4.1. Factores que afectam a qualidade do projecto (adaptado de [6])

Na figura 1.3.4.2. são registados os factores que afectam a qualidade do projecto na fase de concepção, sendo possível verificar que a

construtibilidade se revela como um dos factores com maior influência na qualidade de um projecto, com um grau de influência de 8.37, numa escala crescente de 1 a 10.

Para o aumento da qualidade de um projecto de construção têm influência factores relacionados com o conceito da construtibilidade, como:

- ? o incremento do recurso à construção modular e standardizada;
- ? o uso de especificações de projecto consistentes, concisas e coerentes;
- ? a aplicação e empenho de todos os participantes no projecto.

Tabela 2 - Factores que afectam a Qualidade do projecto na fase de concepção (adaptado de [6])

Posição ordenada por grau de importância	Factores	Grau de influência *
1	Cooperação entre as partes	9.09
2	Especificações do projecto	8.90
3	Trabalho de equipa da equipa projectista	8.88
4	Capacidade de liderança do gestor de projecto	8.80
5	Seleccção da equipa projectista	8.55
6	Empenho da gestão	8.54
7	Plano de comunicação com o dono de obra	8.50
8	Construtibilidade	8.37
9	Orçamento do projecto	8.25
10	Plano de controlo e feedback da informação	7.60
11	Regras e práticas de desenho	7.39
12	Plano de codificação e opções da standardização	7.34
13	Experiência dos elementos da equipa de projecto	7.10
14	Os procedimentos e práticas habituais do gabinete de projecto	6.93
15	As características dos elementos da equipa	6.80
16	A formação dos elementos da equipa	6.13
17	Os métodos estatísticos eventualmente utilizados	5.50

* Escala de Influência de cada factor na qualidade do projecto

1.4. A origem dos estudos e da investigação sobre a construtibilidade

1.4.1. *Construction Industry Institute (CII)*

Este organismo foi fundado em 1983 na Universidade do Texas em Austin.

O *CII* é uma associação que conta entre os seus membros com donos de obra, construtores, organismos académicos, gabinetes de arquitectura e engenharia e outros profissionais da construção, Entre os objectivos principais do *CII* encontra-se o desenvolvimento da industria da construção, a melhoria da eficiência nos custos da construção e a promoção da informação sobre o estado dos conhecimentos da construção, na industria da construção.

Uma das áreas do conhecimento com interesse para o *CII* é a análise do interface entre a fase de desenho ou projecto e a fase da construção, para a qual o *CII* formou uma *Task Force*, denominada *CONSTRUCTABILITY TASK FORCE*.

Dois dos objectivos primários desta *Task Force* têm a ver com a promoção dos benefícios do desenvolvimento da construtibilidade, junto dos profissionais da construção, bem como a divulgação de um conjunto de procedimentos e regras de actuação que permitam assegurar a melhoria da construtibilidade dos projectos.

1.4.2. *Construction Industry Institute Austrália (CIIA)*

Trata-se de uma organização fundada em 1992, com base no modelo do *CII* na América, cujos associados são empresas de construção, universidades e outros organismos académicos, gabinetes de consultoria, arquitectura e engenharia.

Os objectivos desta organização são os de promover a qualidade, a racionalização e a eficiência dos custos bem como os de reforçar a importância da vontade do cliente e do cumprimento dos objectivos do dono de obra, na indústria da construção, de forma a tornar mais competitivas, nacional e internacionalmente, as empresas de construção australianas.

1.4.3 *The European Construction Institute (ECI)*

O *ECI* é uma organização com origem no Reino Unido que conta entre os seus membros com as maiores empresas de construção, *ateliers* de projecto, empresas de consultoria bem como alguns dos maiores clientes do sector da construção.

Alguns dos seus membros fundadores são hoje empresas de grande dimensão na sua área de actividade, a maioria no mercado Europeu.

Ao formar o *ECI* estas empresas procuravam dar luz a uma organização dedicada a contribuir, de forma decisiva, para a melhoria do desempenho da Indústria da Construção, num mercado tão grande como o Europeu.

Como resultado, a missão desta organização é a de, através de um processo de investigação e pesquisa, diálogo, discussão e troca de ideias, fornecer e divulgar os conhecimentos necessários para a contínua melhoria, desenvolvimento, eficiência e excelência na Indústria da Construção na Europa.

Trata-se de uma organização fundada em 1990, independente e sem objectivos lucrativos, criada á imagem do modelo americano do “Construction Industry Institute (CII)”.

A melhoria do desempenho na construção tem sido o objectivo de diversas *task-forces*, criadas no *ECI*, dedicadas nomeadamente à segurança e saúde na construção, à construtibilidade, à qualidade total, à produtividade e ao *benchmarking*.

1.4.4. *U.S. Army Corps of Engineers, Construction Engineering Research Laboratory (CERL)*

A indústria da construção naval nos EU teve também uma importância significativa no trabalho de investigação desenvolvido sobre o conceito da construtibilidade e na sua aplicação à construção de grandes navios.

Tal como refere Nabil A . Kartam (1996) [17], o *CERL* desenvolveu mesmo dois sistemas ou modelos para a aplicação da construtibilidade às revisões de projecto.

O primeiro sistema, denominado Sistema Automático para a Gestão das Revisões de Projecto (ARMS), pode funcionar em qualquer PC como uma vulgar ferramenta de gestão.

O outro sistema denominado BCO (*Buidability, Constructability and Operability*), (“ is the ability to construct a building efficiently, economically and to agreed quality levels from its constituent materials, components and sub-assemblies” [2]), é uma ferramenta otimizada para a gestão e aplicação daqueles três conceitos às várias revisões de projecto.

1.5. Pesquisas e estudos sobre os conhecimentos da construtibilidade .Revisão histórica

A construtibilidade tem vindo a ser estudada por diversos autores desde o início da década de oitenta. Os primeiros trabalhos sobre a construtibilidade realçavam a aplicação do conceito às empresas e aos projectos, apresentando recomendações, casos práticos ou condições que, se assumidas durante a fase de concepção, facilitariam a melhoria da eficiência do processo construtivo (Tantum –1987)[18].

Um dos primeiros artigos mostrando a importância da inserção dos conhecimentos construtivos na fase de concepção, explicando como as decisões tomadas na fase de concepção influenciam a construção e os seus custos foi apresentado em 1976, por Boyd Paulson [49].

A construtibilidade tinha nessa altura uma componente maioritariamente prática e os trabalhos apresentados sobre o tema, eram na sua maioria um resumo de recomendações para a melhoria de aspectos particulares da construtibilidade, traduzidas sob a forma de listas, por vezes com inclusão de alguns detalhes ou pormenores específicos (Martin Fisher and C . B . Tatum-1997)[1].

Estas recomendações, que tinham implicações importantes nas decisões a tomar na fase de concepção, não eram, muitas vezes, acompanhadas dos conhecimentos científicos necessários e de fundamento do conceito (ideia, teoria, noção ou pensamento) da construtibilidade.

Para entender como é que a construtibilidade passou a ser considerada como um conceito interessante e necessário é preciso avaliar os resultados do

desempenho da Indústria da Construção Norte Americana e Inglesa. Conforme é referido em, Emmerson / 1962, *Business* em 1982,1983,[19] esta avaliação permitiu concluir que um dos factores responsáveis pelos complexos problemas que aquela indústria enfrentava na altura, era a falta de integração entre a construção e o projecto ou concepção.

Desde 1980 e até meados da década de noventa, grande parte da investigação sobre a construtibilidade desenvolveu-se através do CII nos EU.

Esta organização formou, em 1986 uma *Task Force* para a Construtibilidade, que durante o seu trabalho, identificou várias metodologias de aplicação do conceito da construtibilidade. Foram clarificados alguns dos procedimentos mais importantes, elaboradas pormenorizadas *checklists*, com regras práticas para a melhoria da construtibilidade, muitas delas de carácter empírico e outras resultantes do trabalho de investigação desta *Task-Force*. Reconheceram-se também as diferenças, muitas vezes encontradas, entre a realidade do projecto e os objectivos iniciais dos clientes e identificaram-se vários procedimentos ou caminhos para a construtibilidade, aplicáveis a diferentes momentos da vida dos projectos, como as fases de planeamento, de concepção, de adjudicação do projecto e de construção.

Este trabalho permitiu elevar o tratamento científico dado até então ao conceito da construtibilidade, não permitindo que esta fosse encarada, de forma redutora, como uma lista de regras particulares a aplicar aos projectos, mas pelo contrário, encorajando o pensamento criativo e a investigação científica sobre este tema, na perspectiva da melhoria das oportunidades de desenvolvimento e desempenho da construção.

No seu trabalho em 1987, Tatum[18], referia-se a esta *task force* do CII, como colaboradora numa série de estudos, que defendiam e reconheciam os benefícios da antecipação da aplicação dos conhecimentos e experiências construtivas nomeadamente aos momentos iniciais do projecto.

O trabalho de O'Connor e Davis em 1988[20], estendia a aplicação dos conhecimentos sobre a construtibilidade às operações de campo, isto é, à fase de construção, classificando esta metodologia como a chave para a eficiência da construção e a afirmação de todos os objectivos de projecto.

A construtibilidade começa a ser entendida como algo que não se resume a um conjunto de regras, mais ou menos empíricas, que se devem aplicar a determinadas decisões a tomar na fase de concepção, mas tem uma dimensão muito mais abrangente e por isso deve ser aplicada a todas as fases do ciclo de vida dos projectos de construção.

A reforçar esta ideia estão outros trabalhos desenvolvidos sobre a égide do CII, nos quais se rejeita a noção da construtibilidade como uma mera revisão dos desenhos e elementos de projecto, levada a cabo por peritos em construção e processos construtivos, mas pelo contrário se reforça e dá ênfase aos benefícios da construtibilidade, definindo-se este conceito como uma ferramenta básica para a integração dos conhecimentos e experiência construtivos, em todas as fases do projecto, ao mesmo tempo que se reconhece a necessidade de tapar e anular a tradicional abertura e o distanciamento entre as fases de concepção e construção nos projectos de construção.

Um dos seis princípios básicos da construtibilidade, apresentados pela *task-force* do CII, recomenda a introdução do conceito da construtibilidade logo nas fases iniciais da concepção. Também já O' Connor et. Al. em 1987[22] e Glavinich em 1995[21], defendiam a aplicação da construtibilidade às fases iniciais do projecto, como forma de aumentar as probabilidades de sucesso na aplicação deste conceito e dar maiores garantias para a escolha dos melhores processos e métodos de construção, demonstrando desta forma o interesse destes investigadores em *levar* os conhecimentos da construção até à fase de concepção e de desenho, para assim assegurar a influência destes conhecimentos, nas decisões tomadas nestas fases iniciais do projecto de construção.

Atendendo à diversidade de intervenientes na vida de um projecto de construção e aos limites temporais apertados de participação de cada um, a eficácia da aplicação de um conceito como a construtibilidade a um projecto de construção, dependerá muito da qualidade da organização da equipa de projecto e da sua gestão. O espírito de equipa e de entre ajuda de todos, é apontado como um caminho para o aumento do respeito, e da flexibilidade, podendo abrir espaço à livre comunicação entre todos os

elementos da equipa, sendo esta uma característica importante da indústria da construção dos séculos anteriores.

O carácter transversal deste conceito ao longo do projecto de construção, leva a que ele deva ser entendido e abraçado por todos os intervenientes no projecto de construção. Nesta linha de pensamento, de incentivo à melhoria da qualidade do trabalho em equipa, no estudo de Tatum, Vanegas, Williams no âmbito do CII em 1986[5], são caracterizadas cinco condições básicas para a implementação do conceito da construtibilidade:

- ? compromisso de todos no aumento da eficiência do investimento;
- ? aproximação aos objectivos do projecto, através da construtibilidade;
- ? envolvimento inicial dos conhecimentos e experiências construtivas, na vida do projecto;
- ? elaboração de um *projecto de construção*;
- ? receptividade dos projectistas.

Os trabalhos desenvolvidos sob a égide do CII reconhecem que a aplicação da construtibilidade, não se revela como um procedimento natural, exigindo pelo contrário, um esforço contínuo e determinado do gestor do projecto de forma a garantir a sua eficaz e confirmada aplicação.

A forma como a construtibilidade deve ser aplicada aos vários momentos da vida do projecto de construção, levou os investigadores a definirem em primeira análise os princípios (uma lei geral ou fundamental; as leis ou os factos da natureza que comandam o funcionamento de um processo ou de um sistema) básicos orientadores da aplicação do conceito e, a partir destes e, para cada um deles, as ferramentas ou procedimentos de actuação.

Num dos poucos livros inteiramente dedicados à construtibilidade, Ferguson (1989)[2], apontam-se uma série de recomendações e regras de actuação que devem ser atendidas se quisermos construir o que projectamos, indicando ainda vários exemplos de problemas da construtibilidade e de procedimentos para a sua melhoria. Neste trabalho é também proposto, como metodologia para facilitar a gestão e a melhoria da construtibilidade, o desenvolvimento da concepção em quatro etapas:

- ? desenho das sub-componentes, respectiva identificação e localização;

- ? desenho das componentes , respectiva identificação e localização;
- ? desenhos de interface entre componentes e sub-componentes;
- ? desenhos de interface entre componentes (elementos fixos).

No trabalho de Felix Utilik e Georgina Lores em 1998[23], é proposta uma divisão da investigação sobre a construtibilidade em dois grandes grupos:

- ? princípios da construtibilidade, definição do termo e regras para a sua implementação;
- ? implementação e definição de programas da construtibilidade.

No campo da definição dos princípios, O' Connor e Tucker em 1986[23], dedicaram os seus estudos à investigação das fases de pormenorização do desenho e de escolha de construtores e projectistas, definindo, para as mesmas, princípios, traduzidos em instrumentos para aperfeiçoamento da construtibilidade e definindo a construtibilidade como a capacidade das condições de projecto para permitir e assegurar uma óptima utilização dos recursos da construção, classificando ainda seis direcções para as melhorias da construtibilidade:

- ? as preocupações construtivas na fase de concepção;
- ? troca efectiva de informação entre a equipa de projecto;
- ? adequação entre o processo construtivo óptimo e as técnicas de construção concebidas;
- ? gestão efectiva do projecto com recurso a inspecções e procedimentos standarizados;
- ? melhorias nos procedimentos de subcontratação;
- ? introdução dos conhecimentos construtivos na fase de concepção.

No estudo de Tatum, Vanegas,Williams[5], desenvolvido sob a égide do CII em 1986, identificam –se alguns dos princípios básicos da construtibilidade:

- ? planeamento adequado à sequência do processo construtivo;
- ? simplificação do desenho;
- ? standarização;
- ? construção modular e pré-fabricação;
- ? acessibilidade;
- ? condições meteorológicas adversas ;
- ? especificações.

No trabalho de Hanlon e Sanvido em 1995[24], identificam-se quatro áreas principais na pesquisa e investigação sobre a construtibilidade:

- ? necessidade de reconhecimento;
- ? benefícios e exigências determinantes;
- ? desenvolvimento de guias de conceitos;
- ? recolha de informação e classificação.

A primeira área é apontada como o reconhecimento da necessidade de integração dos conhecimentos da construtibilidade às fases iniciais do projecto.

A pesquisa na área dos benefícios e exigências determinantes visa identificar o que se pode beneficiar e obter em resultado da aplicação de um programa da construtibilidade.

A área mais desenvolvida no estudo da construtibilidade tem sido a criação de guias ou listagens de conceitos para a melhoria da construtibilidade.

Outras contribuições na área de recolha e classificação da informação sobre construtibilidade, foram apresentadas por Fisher em 1991 – *Preliminary design of reinforced concrete structures*[25], Bocke em 1990 – *Reinforced concrete walls , columns, foundations and footings*[26], Touran em 1988- *Concrete formwork design*[27], O'Connor et al em 1987- *Engeneering and procurement of electrical, instrumentation, piping and structural work*[22], Tantum et al em 1986- *Préfabrication, preassembly, and modularization*[28] e Hanna em 1989- *Construction rules for selecting vertical and horizontal formwork systems*[29].

A forma como a informação apurada nestas investigações é proposta para arquivo, classificação e distribuição, toma aspectos diferentes em cada um destes estudos.

Em 1989 a *task force* para a construtibilidade do CII direccionava o seu interesse para :

- ? determinação das práticas correntes de implementação da construtibilidade;
- ? desenvolvimento de programas como ferramentas evolutivas para implementação dos esforços para a construtibilidade;

? apuramento das barreiras existentes, propondo métodos para as ultrapassar.

No campo da investigação sobre os princípios teóricos orientadores da construtibilidade, foi o CII que apresentou de uma forma mais abrangente e fundamentada os 17 princípios orientadores do conceito.

Em “CII – Concepts File” [30] foram estabelecidos 14 princípios orientadores do conceito da construtibilidade, tendo sido acrescentados em 1992 mais três princípios. Estes princípios, aplicáveis a diferentes momentos da vida de um projecto, são enunciados de seguida, de acordo com as fases da vida do projecto a que se aplicam:

✍ **Estudos preliminares do projecto**

- a. Utilização de programas da construtibilidade como elementos de gestão do projecto;
- b. O envolvimento activo dos conhecimentos da construção no desenvolvimento do projecto;
- c. O envolvimento inicial dos conhecimentos construtivos deve ser atendido na definição de estratégias contratuais;
- d. A definição dos tempos de execução do projecto deve atender aos tempos de condução dos processo construtivos;
- e. Nas fases iniciais do projecto deve ser analisada a opção pelos melhores processos construtivos;
- f. Adequação da área de disposição espacial e implantação da construção à promoção da eficiência dos processos construtivos da exploração e manutenção da construção;
- g. Os elementos da equipa de projecto responsáveis pela construtibilidade devem ser identificados nas fases iniciais do projecto.
- h. As tecnologias mais recentes e adequadas devem ser utilizadas ao longo do projecto.

✍ **Concepção e Contratação da Construção**

- i. O planeamento dos tempos de concepção e escolha dos construtores deve atender á previsão da duração dos processos construtivos;

- j. A concepção da obra deve resultar num projecto que valorize a eficiência construtiva;
- k. Os elementos da concepção devem seguir indicações standarizadas ;
- l. A eficiência construtiva deve ser um dos objectivos das especificações do projecto;
- m. A opção pelo desenho modular e pré-fabricação, deve traduzir-se na execução de um processo próprio de pré-fabricação que atenda à facilidade de fabricação, transporte e instalação.
- n. A concepção, de uma forma global, deve procurar facilitar, durante a fase de construção, a acessibilidade dos operários, o transporte e movimentação de materiais e equipamentos;
- o. A concepção deve ainda atender á necessidade de facilitar e aumentar a eficiência da construção, em condições atmosféricas adversas;
- p. A sequência de trabalho na concepção e na construção deve facilitar a rápida operacionalidade dos vários sistemas infra-estruturais, de forma a permitir desfasar no tempo os respectivos testes e ensaios.

✍ **Construção**

- q. A concepção deve promover o recurso a métodos construtivos tecnologicamente inovadores e assumidamente mais eficientes e adequados;

Clarificados os princípios, ou leis básicas da construtibilidade, importa regulamentar a aplicação daquelas leis definindo as ferramentas de aplicação daqueles princípios.

As ferramentas a utilizar na aplicação destes princípios ao longo da vida do projecto de construção, têm sido objecto de estudos diferenciados.

Essencialmente consideram-se procedimentos organizados de gestão formais ou informais. No caso dos procedimentos formais temos os programas de gestão da construtibilidade e nos procedimentos mais informais, as revisões da construtibilidade, baseadas ou não numa metodologia de *check-lists* e de registo de experiências passadas.

Radtke e Russell em 1993[31], descreveram oito procedimentos de aproximação à implementação da construtibilidade, que vão desde o esclarecimento das questões mais relacionadas com as práticas de gestão de projectos de construção, até metodologias e serviços da construtibilidade, bem como programas para aplicação da construtibilidade. Este estudo apresenta um modelo para aplicação da construtibilidade (Construtibilidade -1993) e evidencia a importância da determinação e empenho dos donos de obra, na implementação da construtibilidade.

No âmbito dos procedimentos de gestão mais formais foram desenvolvidos diversos trabalhos como os de, Russell et.al. em 1994[35], onde se identificavam as metas e objectivos para os programas da construtibilidade e se orientam os gestores de projecto na implementação adequada destes programas.

Gugel e Russell em 1994[32], aumentaram a lista de procedimentos e recomendações para aplicação do conceito da construtibilidade, definindo ainda um modelo de aplicação destes procedimentos e de apoio à decisão do gestor na selecção do grau de aplicação dos conhecimentos e experiências da construção em função de características muito específicas de cada projecto, como o tipo de projecto e de dono de obra.

Todos estes estudos resultam na proposta de modelos organizados de gestão de procedimentos de aproximação à construtibilidade e de reforço da importância da formalização do conceito da construtibilidade, em si.

Tantum em 1987[18], analisa os programas da construtibilidade, na perspectiva dos benefícios que possam representar, e assegura que os mesmos permitem atingir benefícios que não são facilmente quantificáveis, como o aumento do espírito de equipa, a melhoria da coordenação do projecto, a melhoria do planeamento da construção, e a adopção de uma única visão do projecto entre todos os membros da equipa.

Gugel e Russell em 1994[32], apresentaram um modelo de ajuda à decisão na selecção do procedimento ou ferramenta mais adequado para implementação da construtibilidade. Neste estudo são apontados três tipos de procedimentos de gestão e aproximação à construtibilidade, designados por:

- ? aproximação informal;

- ? aproximação formal;
- ? opções estrategicamente mais adequadas.

O modelo de ajuda à decisão constitui-se numa hierarquia de níveis de decisão e admite no seu processamento operativo diversas variáveis, como o tipo de dono de obra, os objectivos do projecto, o pessoal do dono de obra e a sua experiência e recursos da construtibilidade, as características do projecto, o tipo de construção, a estratégia contratual, a dimensão do projecto, as dificuldades técnicas, a localização e as particularidades. Em função das características de cada uma destas variáveis num determinado projecto, o modelo aconselha o gestor na escolha de um dos três procedimentos de gestão da construtibilidade, já referidos anteriormente.

Radtke e Russell em 1993[31], apresentaram um modelo de aplicação da construtibilidade que orienta o seu processamento em função da definição dos vários objectivos ou metas do modelo e, para cada um, os diferentes passos e actividades caracterizadas.

O modelo aponta e caracteriza três objectivos ou metas essenciais:

- ? entendimento dos conhecimentos da construtibilidade;
- ? planeamento da aplicação da construtibilidade;
- ? implementação da construtibilidade.

Russell, Gugel e Michael W. Radtke em 1994[35], desenvolveram uma análise, em termos comparativos, de três procedimentos de gestão e aproximação à construtibilidade.

Estes três procedimentos descrevem-se como:

- ? organizações de projecto com recurso a empresas de gestão de projectos- serviços de construtibilidade;
- ? programas especializados e formas de aplicação da construtibilidade;
- ? opções estratégicas de aplicação do conceito de forma mais adequado.

Para a condução do estudo foram identificados seis indicadores de avaliação a ter em conta na selecção do tipo de procedimento ou modelo de aproximação à construtibilidade:

- ? data do inicio de aplicação dos conceitos;
- ? organização da informação sobre benefícios e custos;

- ? dimensão da participação do dono de obra;
- ? metodologias para registo de experiências anteriores da construção;
- ? procedimentos e metodologias de gestão anteriores;
- ? designação de um coordenador para a construtibilidade.

Para cada procedimento estudado são apurados e estimados os respectivos custos e benefícios, com base no estudo de quatro “case studies”, facilitando a escolha do procedimento mais adequado, em função de características particulares de cada projecto, como o tipo de organização do dono de obra entre outras. O gestor do projecto é ajudado na decisão a tomar sobre o procedimento de aproximação à construtibilidade, a aplicar na gestão de um determinado projecto, conhecendo no momento da decisão, os benefícios e os custos associados à aplicação daquela ferramenta de gestão.

Hanlon e Sanvido em 1995[24], abordaram este tema, identificando decisões e factores que afectam a construtibilidade e classificando-os num modelo de informação da construtibilidade (CIM). Este modelo é aplicável às estruturas de betão armado e é constituído por uma hierarquia de conceitos da construtibilidade agrupados em categorias e subcategorias, incluindo regras de desenho e concepção, registos de experiências anteriores, condicionalismos externos, recursos e limitações e informações de desempenho.

No campo dos procedimentos mais informais, O’Connor e Davis em 1988[20], recomendavam às empresas de construção a promoção da troca de experiências e dos conhecimentos da construção entre os seus colaboradores.

A organização e arquivo destes registos de experiências anteriores é considerada de grande importância para a melhoria da construtibilidade e do desempenho de projectos futuros, desde que seja assegurado o fácil acesso a estes registos, a sua permanente actualização, bem como a qualidade dos respectivos conteúdos.

O CII em *Guidelines* em 1987[36], defendia a criação de uma base de dados conjunta entre os membros da organização, para partilha de

experiências construtivas, como forma de reforçar a aplicação dos programas para a construtibilidade.

Nabil A . Kartam em 1996[37], expôs o conceito da construtibilidade como a integração antecipada dos conhecimentos construtivos, em todas as fases do projecto, reforçando a melhoria da sua aplicação através do uso adequado dos registos de experiências de obras anteriores. Neste estudo identificam-se canais de feedback ao longo do ciclo de vida de um projecto construtivo e descrevem-se os esforços a desenvolver para a criação de uma adequada base de dados, com experiências de obra do passado. Apresenta-se ainda um protótipo para a implementação de *feedbacks* da construtibilidade, chamado *Interactive Knowledge Intensive System (IKIS)* para a melhoria da construtibilidade (*IKIS – Constructability*).

Nabil Kartam e Flood em 1997[17], desenvolveram a *Constructability Lessons Learned Database (CLLD)*, como um método automático de organização sistematizada e eficiente de aplicação de toda a informação e experiências construtivas, como base de dados considerada importante para as actividades diárias de uma empresa de construção.

Gambatese e McManus em 1999[10], desenvolveram um modelo de revisão de projectos para a construtibilidade (CRP) denominado *WSDOT's*, composto no máximo por 4 momentos de revisão da construtibilidade durante o ciclo de vida do projecto.

Roy Mendelsohn [38] abordou também este tema em *The Constructability Review Process: A Constructor's Perspective /1997*.

Neil Eldin em 1998[39], examinou cinco projectos onde foram aplicados os princípios da construtibilidade, procurando avaliar a sua contribuição para a redução da duração do projecto. O estudo aponta os benefícios, os factores de sucesso e as barreiras identificadas nos cinco projectos estudados. Finalmente apurou-se que a adopção dos princípios da construtibilidade se revela como elemento com um significativo potencial na redução da duração dos projectos, em comparação com o historial de desempenho das empresas em questão. Concluem também que os princípios da construtibilidade podem suportar a maioria dos objectivos de projecto.

Fisher e Tantom em 1997[1], apresentaram como uma das razões para o pouco interesse na aplicação da construtibilidade, a falta de uma base formal de conhecimentos da construtibilidade, que se relacione com as decisões de projecto e que esteja disponível para uso das partes. Neste trabalho apresenta-se um conjunto de conhecimentos e regras da construtibilidade associados às estruturas de betão armado.

Estas regras ou orientações da construtibilidade, neste trabalho, são divididas, em aplicações heurísticas, considerações sobre a disposição espacial dos elementos de betão armado, sobre as suas características dimensionais, sobre a pormenorização destes elementos e questões exógenas.

Existem outros trabalhos dedicados à investigação da construtibilidade, em áreas muito específicas da concepção.

Os conhecimentos específicos da construtibilidade foram abordados em diversa literatura anterior, como no trabalho de Hanna e Sanvido em 1989[29], onde é estudada a selecção automática de processos de escoramento e cofragem de paredes em função do tipo de projecto e do tipo de edifício.

Salazar e Brown em 1988[39], desenvolveram um procedimento automático de apoio à decisão sobre a opção conceptual a tomar sobre um determinado sistema ou processo de construção para um edifício, que inclui etapas de aplicação dos conhecimentos construtivos em várias especialidades.

Barone em 1990[40], desenvolveu, para estruturas metálicas, uma base de dados que facilita a tomada de decisões, na fase de concepção, que favoreçam a execução e montagem das ligações metálicas, propondo alternativas de mais fácil fabricação e montagem.

O CRSI, (*The Concrete Reinforcing Steel Institute*), publicou um guia para projectistas de bastante utilidade na aquisição de conhecimentos específicos de construtibilidade.

Rowings e Kaspar em 1991[41], apresentaram um estudo da construtibilidade aplicado a pontes suspensas.

Ashraf M. Elazouni em 1997[42], apresentou um estudo semelhante aplicável à construção de silos de aço.

Charles Jahren, Brian Ellsworth e Bergeson em 1999[43], desenvolveram um trabalho onde recomendavam a aplicação de uma listagem teste sobre diferentes princípios da construtibilidade relativos à aplicação de betuminosos reciclado a frio.

No campo da análise de custos e benefícios da construtibilidade, More em 1983[45], admite a dificuldade na quantificação dos ganhos económicos a atingir com estes procedimentos e regras de intervenção nos projectos no caminho da construtibilidade, embora se estime que estes ganhos sejam 10 ou 20 vezes superiores aos custos inerentes aos esforços de aplicação da construtibilidade.

O trabalho desenvolvido sob a égide do CII levou à definição uma fórmula para estimar os custos e benefícios da aplicação de um programa para a construtibilidade.

Utilik e Lores em 1998[23], identificaram as práticas mais correntes da construtibilidade nas empresas de construção e evidenciam também as barreiras mais frequentes à sua implementação, concluindo que estas práticas dependem das características das organizações do tipo de trabalho a desenvolver e do tipo de contrato.

Russell e Gugel em 1993[44], desenvolveram um estudo comparativo entre dois programas formais de aplicação da construtibilidade. Um dos programas pertencia à divisão de construção de uma empresa de concepção e construção de projectos e o outro pertencia a um grupo de gestão de projectos de um dono de obra.

O resultado da aplicação de ambos os programas apresenta um substancial retorno do investimento inicial de aplicação dos programas, no caso do programa da empresa de construção, com um *ratio* benefícios/custos de 21/1 e no caso do programa do dono de obra de 16/1. As diferenças neste *ratio* são atribuídas às maiores despesas que o dono de obra terá necessariamente para manter este programa, relativamente à empresa de construção.

1.6. Os princípios básicos da construtibilidade. Algumas considerações

A correcta aplicação do conceito da construtibilidade carece de uma correcta percepção e entendimento dos seus princípios ou leis básicas de orientação.

O conceito da construtibilidade, entendido como a sistematização com rigor e fundamento científico, dos conhecimentos e experiências da construção, dos seus materiais e tecnologias, que permitirá melhorar a qualidade do projecto e a sua preparação e adequação para a construção, traduz-se na definição de leis que com base neste objectivo, orientam a aplicação deste conceito ao longo do ciclo de vida do projecto.

Em particular, a recomendação à concepção, sobre a opção pela standardização, constante do princípio 11, traduzindo uma regra básica do senso comum de todos os intervenientes na construção, é também na maioria das vezes esquecida por todos.

A standardização de componentes é baseada no reconhecimento de que podem ser obtidos ganhos financeiros e outros, quando o número de variações entre componentes é reduzido ao mínimo.

As várias infra-estruturas e sistemas dos edifícios, bem como os tipos de materiais, os pormenores de construção, as dimensões, os volumes podem ser standardizados para o incremento da precisão e exactidão do trabalho em obra.

São passíveis de aplicação deste princípio:

- ? as válvulas , a tubagem e demais acessórios;
- ? as opções de localização e tipologia de quadros eléctricos, aparelhagem, equipamentos, tubagem e centrais de controlo;
- ? a escolha de secções estruturais por forma a garantir a máxima reutilização da cofragem;
- ? o dimensionamento das peças e materiais de revestimento em atenção às dimensões de fabrico, por forma a diminuir os desperdícios;
- ? a localização dos percursos horizontais e verticais de infra-estruturas, para diminuição de problemas de interferência física;

- ? as secções nos elementos de fundação que devem sofrer variações mínimas ao longo do projecto.

As vantagens na aplicação deste princípio ao longo das várias opções da concepção, parecem evidentes, mas salientam-se algumas que se consideram de maior importância para a satisfação dos objectivos do dono de obra:

- ? benefícios e ganhos de produtividade;
- ? simplificação na escolha dos fornecedores de materiais;
- ? simplificação da gestão de materiais em obra;
- ? redução dos tempos de concepção;
- ? redução das partes constituintes do inventário final ;
- ? simplificação das exigências e tempos de treino das equipas de exploração dos edifícios;
- ? simplificação das exigências de controlo de qualidade;
- ? ganhos de segurança resultantes da familiarização rápida com os materiais ou equipamentos.

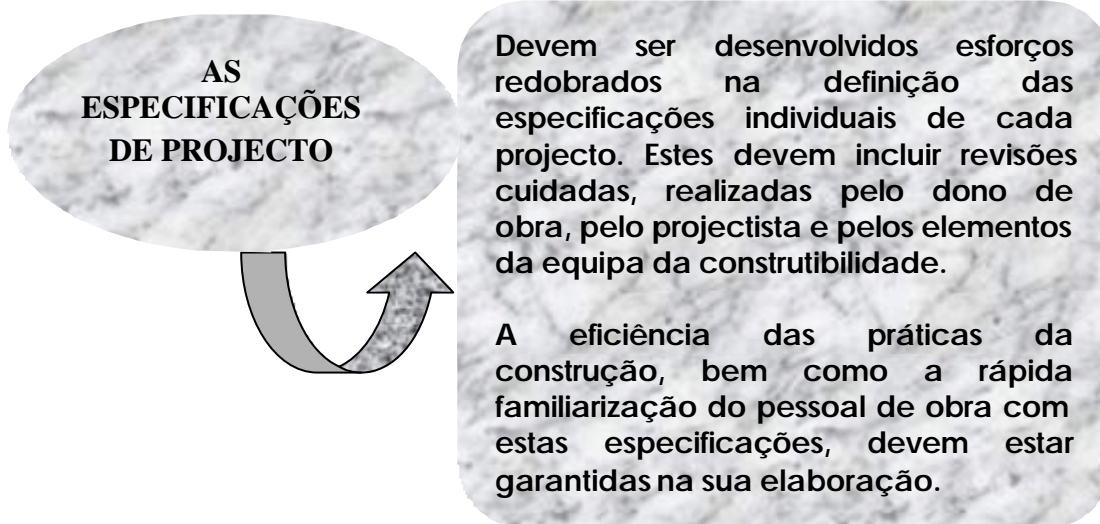
Todos os intervenientes mais experientes nos vários momentos do ciclo de vida de um projecto de construção, reconhecem que as especificações de projecto, ou melhor a sua falta de qualidade e rigor técnico, estão na origem da grande maioria dos conflitos e dos problemas de contencioso gerados durante o ciclo de vida dos projectos de construção.

A eficiência construtiva deve constituir um dos objectivos básicos da definição, do conteúdo e da organização das especificações do projecto, tal como se determina no 12º princípio da construtibilidade.

As especificações de projecto, no âmbito das várias especialidades de projecto, devem desenvolver-se sem ambiguidades, com clareza, garantindo que da sua leitura só poderá resultar uma única interpretação.

Deve procurar-se que as mesmas não incluam referências a métodos, materiais ou equipamentos, ultrapassados e sem utilização actual no mercado comercial. Não devem limitar-se a definir os materiais a incorporar na obra como “ da melhor qualidade “, sem outras notas explicativas, já que estas situações podem levar a que tenham de ser executados desenhos adicionais em obra que conduzem a atrasos e aumentos de custos na obra. As

especificações de projecto não devem nunca incluir apenas uma referência comercial, sem descrever opções alternativas, porque desta forma criam condições para a existência de atrasos na aprovação de materiais ou equipamentos em obra.



O 13º princípio da construtibilidade traz para a discussão das opções a tomar durante a concepção, a aplicação de conceitos como o desenho modular e pré-fabricação, que por definição são dos mais próximos daquilo que é o entendimento da definição da construtibilidade. As opções da concepção tomadas com base em critérios da máxima modulação possível dos espaços projectados ou de recurso à pré-fabricação, traduzem o que de melhor se pode fazer, para preparar e melhor habilitar a concepção e o projecto para a construção. São contudo opções que devem ser tomadas com base no entendimento claro das suas implicações quer na fase de concepção quer na fase de construção. O recurso à pré-fabricação de alguns elementos ou partes do projecto, não deverá ser feito sem que seja desenvolvido um projecto próprio para a pré-fabricação considerada, onde sejam avaliadas todas as condições necessárias de fabricação, de transporte e de elevação e montagem das peças ou partes pré-fabricadas.

O projecto modular define-se como uma boa estratégia de concepção que deve ser assumida logo no início da fase de concepção.

A pré-montagem e pré-fabricação resultam dos esforços de modulação do projecto, embora neste caso as componentes sejam de menor tamanho.

Os trabalhos de pré-montagem e pré-fabricação devem iniciar-se ainda durante a fase de concepção das especialidades

Na opção por soluções modulares, de pré-fabricação e montagem deve atender-se a factores ou condições especiais como:

- ✍ fabricação;
- ✍ transporte;
- ✍ instalação.

O 14º princípio da construtibilidade procura inserir nos projectistas, durante a construção, uma preocupação fundamentada com as exigências em termos de percursos de estaleiro e percursos no interior da construção para a acessibilidade dos operários, o transporte e a movimentação de materiais e equipamentos.

A definição física destas acessibilidades deve obedecer a algumas regras que permitiram melhorar o resultado final a obter como:

- ? verificar as sequências de trabalhos em altura;
- ? análise dos prazos de entrega para os equipamentos de maior dimensão ou peças modulares, ou pré-fabricadas;
- ? verificar as áreas de estaleiro, disponíveis para a pré-fabricação e respectivas vias de acesso;
- ? garantir a existência de áreas de estaleiro de carácter permanente para elevação de materiais e trabalhadores;
- ? definição dos prazos de execução de caves, abaixo de áreas com necessidades de travessia por cargas pesadas;
- ? análise da localização e do tipo de elevadores de projecto, durante a fase de concepção;
- ? escolha da localização e do tamanho de escadas e rampas por forma a facilitar a construção.

O 15º princípio da construtibilidade procura sensibilizar os projectistas para a necessidade de adequar as várias opções de projecto, sobretudo as mais relacionadas com a envolvente exterior, ou mais em contacto com o exterior, às características e às condições atmosféricas dos locais de implantação e edificação da construção. Nos casos em que as condições atmosféricas no local da construção são particularmente adversas, devem os projectistas

tomar precauções especiais nas opções a tomar sobre os materiais, os equipamentos ou as tecnologias de construção a utilizar durante a construção. Este tipo de trabalho e de orientações da concepção permitem garantir uma melhor eficiência construtiva, mesmo sob condições adversas, o que obviamente se traduzirá em ganhos financeiros e técnicos para a obra.

A construção em locais onde as condições atmosféricas são adversas, representa um grande desafio, quer para projectistas, quer para construtores. Os projectistas devem analisar e estudar soluções de projecto, por forma a que a exposição a temperaturas extremas e aos efeitos da chuva, durante a construção, possam ser minimizados, designadamente através da definição de:

- ? acessibilidades garantidas à obra, em condições de tempo adversas;
- ? rápida possibilidade de fecho do edifício;
- ? escolha apropriada de materiais e equipamentos;
- ? critérios mais exigentes de durabilidade;
- ? opção por materiais e equipamentos de fácil instalação;
- ? controlo de prazos efectivo em adequação às condições atmosféricas;
- ? modulação e pré-fabricação.

O 16º princípio da construtibilidade pretende lembrar aos intervenientes na concepção que a obra não tem necessariamente que ser recebida e ensaiada na totalidade e que o dono de obra pode mesmo fazer incluir no projecto uma exigência expressa de dar início antecipado ao funcionamento de umas áreas relativamente a outras.

A sequência de trabalho na concepção e na construção deve facilitar a rápida operacionalidade dos vários sistemas infra-estruturais, de forma a permitir desfasar no tempo os respectivos testes e ensaios.

Em projectos de grande complexidade devem ser coordenadas as sequências de ensaios e testes, e recepções provisórias parciais com as sequências da concepção e construção. Quando mais cedo for possível a execução de testes e ensaios menor será o risco de falhas ou problemas, o que será sempre gerador de atrasos e custos adicionais. As especificações de projecto e as opções de concepção das diferentes especialidades devem:

- ? garantir o treino e a formação do pessoal da manutenção e operação dos equipamentos, ainda durante a construção;
- ? transferir a informação de projecto para as plantas e manuais de operação;
- ? identificar as exigências e os requisitos de testes e ensaios que têm impacto especial nas soluções de concepção;
- ? programar os períodos de testes e ensaios dando prioridade aos que afectam o processo de construção.

Do 9º ao 16º princípio da construtibilidade procura-se definir as orientações da construtibilidade aplicáveis á fase de concepção e contratação da construção. Esta preocupação com a preparação da contratação da construção constitui-se como um princípio da construtibilidade, orientador das opções para o projecto, dos vários intervenientes na concepção. As opções sobre materiais, equipamentos ou tecnologias de construção a incorporar ou utilizar na obra, devem atender às condições e prazos de entrega destes equipamentos ou materiais e á sua adequação aos indicadores de planeamento do projecto. A definição de uma determinada tecnologia de construção deve sustentar-se num estudo de viabilidade de recursos humanos e materiais necessários, nos respectivos rendimentos de produção e nos custos inerentes, que no seu conjunto devem poder enquadrar-se no planeamento geral do projecto.

Deve atender-se, neste aspecto, designadamente ao seguinte:

- ? a definição dos prazos de conclusão da concepção, bem como de aquisição de materiais e equipamentos devem ter em atenção as necessidades da construção;
- ? a construção é uma actividade de alto custo, com muito pouca flexibilidade;
- ? a concepção é uma actividade de baixo custo com maior flexibilidade;
- ? a construção está sujeita a uma sequência natural de tarefas;
- ? a sequência das actividades de concepção pode ser ajustada em algumas áreas;
- ? a entrega de alguns materiais pode ser crítica;

- ? a conclusão prioritária de todos os projectos de caves, incluindo fundações e especialidades enterradas pode ser recomendável;
- ? a definição e escolha de equipamentos e materiais nas várias especialidades deve ter em conta os seus prazos de entrega;
- ? uma forma de reduzir os prazos de trabalho da equipa de gestão tem a ver com a definição de métodos ou sistemas de procedimentos, disponíveis para consulta de todos os elementos da equipa;
- ? o projecto deve ser entregue á equipa de construção com o tempo necessário para preparação da obra antes do seu inicio;
- ? não se devem fazer alterações ao projecto sem uma correcta análise das suas implicações nos prazos da obra;
- ? o cumprimento dos prazos de entrega de materiais ou execução de trabalhos deve ser um dos critérios para escolha de fornecedores ou empreiteiros;
- ? a sequência de entrega de materiais ou equipamentos deve respeitar a sequência de trabalhos em obra.

O 17º e último princípio aplicável á fase de construção, incentiva os intervenientes na concepção ao recurso a métodos construtivos tecnologicamente inovadores e assumidamente mais eficientes e adequados. Deve-se:

- ? inovar na definição das sequências de testes em obra;
- ? inovar no uso de sistemas e materiais de construção temporários;
- ? inovar na escolha de ferramentas de trabalho manual;
- ? inovar na escolha dos equipamentos de construção;
- ? dar ao construtor a opção da pré-fabricação;
- ? inovar na escolha de infra-estruturas temporárias de apoio aos processos de construção.

Como resultado destes princípios de orientação, apontam-se na tabela 2, algumas acções de particular importância para a aplicação da construtibilidade aos projectos de construção.

Tabela 3 – A aplicação da construtibilidade aos projectos de construção

Classificação	Exemplos /Descrição
<p>1. A concepção com preocupações construtivas</p> <ul style="list-style-type: none"> ? A melhor solução de concepção de acordo com as técnicas da construção ? Simplificação da configuração e da combinação dos elementos ? Standarização e repetição de elementos ? Flexibilidade de adaptação dos elementos ? A concepção com atenção às acessibilidades 	<p>Desenhos de prefabricação, adaptações nas técnicas de desenho de forma a incluir novas técnicas e procedimentos.</p> <p>Identificar pormenores complexos e a sua repetição; combinar traçados das várias infra-estruturas.</p> <p>Standarizar dimensões, volumes, tipos de materiais, detalhes de construção, sistemas infra-estruturais, bem como previsão da reutilização de cofragens.</p> <p>Identificar de forma realista as necessidades de tolerâncias e possibilidades de ajustamentos de campo.</p> <p>Identificar espaços confortáveis para os elementos, de forma a garantir o acesso de trabalhadores, materiais e equipamento.</p>
<p>2. Comunicação efectiva na troca da informação das várias especialidades do projecto</p> <ul style="list-style-type: none"> ? Informação disponível ? Informação de fácil compreensão 	<p>Melhoramentos na oportunidade, conteúdo e timings da informação.</p> <p>Melhoramentos da clareza, formato, organização e apresentação da informação.</p>

Tabela 3 - A aplicação da construtibilidade aos projectos de construção (cont.)

Classificação	Exemplos /Descrição
<p>3. A escolha das técnicas de construção em atenção à procura do valor óptimo da construção</p> <ul style="list-style-type: none"> ? Melhoria das técnicas de construção e das sequências de trabalho ? Melhoramentos na escolha dos materiais ? Melhoramentos na escolha de equipamentos 	<p>Modificações da sequência dos trabalhos: pré-fabricação, obra, fábrica, sequência de montagem.</p> <p>Inspeccionar o uso de materiais de menor qualidade ou mais baratos.</p> <p>Tirar partido de novas tecnologias, equipamentos e ferramentas.</p>
<p>4. Uma efectiva política de gestão de recursos</p> <ul style="list-style-type: none"> ? Recursos Humanos ? Materiais de construção ? Equipamentos e ferramentas ? Uma boa informação sobre prazos e custos 	<p>Melhoria na definição de responsabilidades e áreas de trabalho.</p> <p>Identificar problemas de falta de formação;</p> <p>Melhorar a capacidade de armazenagem e distribuição dos materiais.</p> <p>Melhorias na política de gestão, de manutenção e de reserva de equipamentos ou peças e acessórios.</p> <p>Melhorias na gestão da comunicação durante a construção.</p>
<p>5. Melhoramentos na contratação de empreiteiros e fornecedores</p> <ul style="list-style-type: none"> ? Escolha de materiais ? Melhorias na definição de responsabilidades 	<p>Melhorias nos materiais e equipamentos propostos pelos fornecedores.</p> <p>Inclui alterações nas áreas de trabalho de fornecedores e subempreiteiros.</p>

Tabela 3 - A aplicação da construtibilidade aos projectos de construção (cont.)

Classificação	Exemplos /Descrição
<p>6. A chamada dos construtores à fase de concepção</p>	<p>Identificação atempada das necessidades dos Trabalhadores durante a construção em abordar certos aspectos da construção com os projectistas; as respostas a estas questões só são normalmente conhecidas depois de a fase de construção se iniciar.</p>
<p>7. Comunicação efectiva na troca da informação das várias especialidades do projecto</p> <ul style="list-style-type: none"> ? Informação disponível ? Informação de fácil compreensão 	<p>Melhoramentos na oportunidade, conteúdo e <i>timings</i> da informação.</p> <p>Melhoramentos da clareza, formato, organização e apresentação da informação.</p>
<p>8. A escolha das técnicas de construção em atenção à procura do valor óptimo da construção</p> <ul style="list-style-type: none"> ? Melhoria das técnicas de construção e das sequências de trabalho ? Melhoramentos na escolha dos materiais ? Melhoramentos na escolha de equipamentos 	<p>Modificações da sequência dos trabalhos: pré-fabricação, obra, fábrica, sequência de montagem.</p> <p>Inspeccionar o uso de materiais de menor qualidade ou mais baratos.</p> <p>Tirar partido de novas tecnologias, equipamentos e ferramentas.</p>

Tabela 3 - A aplicação da construtibilidade aos projectos de construção (cont.)

Classificação	Exemplos /Descrição
<p>9. Uma efectiva política de gestão de recursos</p> <ul style="list-style-type: none"> ? Recursos Humanos ? Materiais de construção ? Equipamentos e ferramentas ? Uma boa informação sobre prazos e custos 	<p>Melhoria na definição de responsabilidades e áreas de trabalho.</p> <p>Identificar problemas de falta de formação;</p> <p>Melhorar a capacidade de armazenagem e distribuição dos materiais.</p> <p>Melhorias na política de gestão, de manutenção e de reserva de equipamentos ou peças e acessórios.</p> <p>Melhorias na gestão da comunicação durante a construção.</p>
<p>10. Melhoramentos na contratação de empreiteiros e fornecedores</p> <ul style="list-style-type: none"> ? Escolha de materiais ? Melhorias na definição de responsabilidades 	<p>Melhorias nos materiais e equipamentos propostos pelos fornecedores.</p> <p>Inclui alterações nas áreas de trabalho de fornecedores e subempreiteiros.</p>

1.7. Objectivos e estrutura do trabalho

O conceito da construtibilidade é traduzido em dezassete princípios orientadores que procuram assegurar a coordenação e coesão do projecto como um todo, a sua integração, a sua adequação ao meio e às condições atmosféricas locais, servindo ainda de orientação para as escolhas de materiais e tecnologias de construção, bem como na motivação dos técnicos durante a concepção, para os princípios da standardização, modulação e pré-fabricação que, se respeitando condições básicas, podem aumentar em muito a eficiência do processo construtivo.

Pretende-se com este trabalho dar a conhecer este conceito, relacioná-lo com os problemas do dia à dia dos profissionais da gestão de projectos em Portugal e, finalmente definir um procedimento de gestão da construtibilidade

em projectos de construção de edifícios para o ensino superior público em Portugal, que possa vir a tornar-se numa boa ferramenta de gestão da construtibilidade nestes projectos e mesmo em outros, dando desta forma uma pequena contribuição para a diminuição da frequência e da dimensão dos problemas com que nos debatemos actualmente e, entre os quais existe um denominador comum, que se traduz na falta de preparação do projecto e da informação do projecto para a construção.

1.7.1. Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em 6 capítulos, organizados como se indica na figura 1.7.1.1.

O capítulo 1 pretende dar a informação necessária á definição do conceito da construtibilidade e clarificar a sua importância para a eficiência construtiva, ao mesmo tempo que revela os objectivos e a estrutura da Tese de Mestrado a apresentar.

No capítulo 2 procura-se dar um enquadramento histórico ao tema do trabalho, no âmbito da evolução da construção e da gestão de projectos ao longo dos anos.

No capítulo 3 abordam-se as leis fundamentais da construtibilidade, as metodologias necessárias à sua implementação e finalmente os benefícios e os custos inerentes á sua implementação.

Para o capítulo 4, reservou-se um espaço de Inquérito, através do qual se pretende fazer um diagnóstico do estado actual dos conhecimentos, revelados pelos técnicos ligados à construção e à concepção em Portugal, sobre a construtibilidade.

O capítulo 5 apresenta um procedimento de gestão da construtibilidade em projectos de edifícios para o ensino superior público em Portugal.

Finalmente no capítulo 6 apresenta-se uma reflexão final, propondo-se ainda acções e trabalhos futuros.

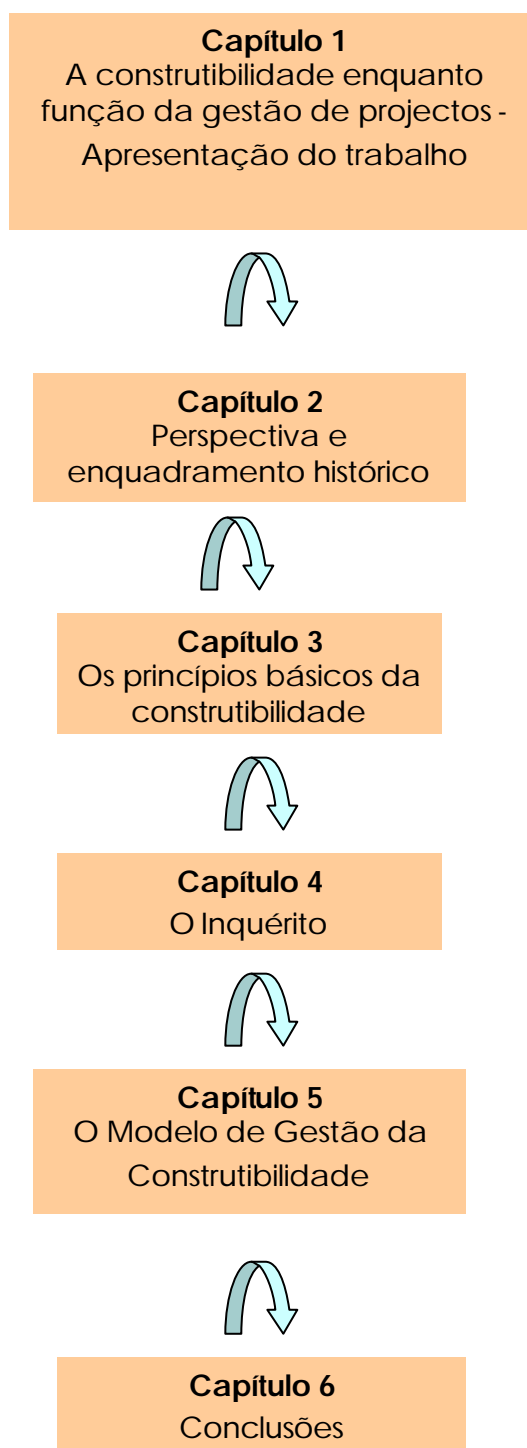


Figura 1.7.1.1. A Estrutura do trabalho